

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Řešení veřejné dopravy mezi Valašským
Meziříčím a Rožnovem pod Radhoštěm

Solution of Public Transportation between
Valašské Meziříčí and Rožnov pod Radhoštěm
Towns

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. David Berger
Ing. Jan Širc

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Berger**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 20 Silniční doprava
Téma: **Řešení veřejné dopravy mezi Valašským Meziříčím a Rožnovem pod Radhoštěm**
Solution of Public Transportation between Valašské Meziříčí and Rožnov pod Radhoštěm Towns

Zásady pro vypracování:

Osnova:

1. Úvod
2. Analýza současného stavu
3. Teoretická východiska řešení
4. Návrh dopravního řešení
5. Návrh tarifního řešení
6. Ekonomické vyhodnocení
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

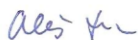
Surovec, P. Provoz a ekonomika silniční dopravy I. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2000.
ISBN 80-7078-735-X

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Širc**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. David Berger

Adresa trvalého pobytu autora práce: Beskydská 174, Nový Jičín, Žilina, 741 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BERGER, D. *Řešení veřejné dopravy mezi Valašským Meziříčím a Rožnovem pod Radhoštěm : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2013, 57 s. Vedoucí práce: Širc, J.

Diplomová práce se zabývá řešením veřejné dopravy mezi Valašským Meziříčím a Rožnovem pod Radhoštěm. V úvodu je popsána trasa mezi jmenovanými městy a charakteristika dopravního spojení mezi nimi. V této kapitole je také popsán způsob jak jsem získal vstupní data, intenzity cestujících. Následuje popis teoretického řešení. Z toho vychází následné vypočtení počítačového modelu a převedení výsledku výpočtu do praxe. Po určení charakteristik budoucího fungování spojení můžeme určit typ tarifu a ceny jízdenek. Předposlední kapitola práce hovoří o ekonomické vyhodnocení dopravy s určením výše finanční dotace nutné pro fungování této dopravy. Práci uzavírá shrnutí dosažených výsledků.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

BERGER, D. *Solution of Public Transportation between Valašské Meziříčí and Rožnov pod Radhoštěm Towns : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transportation, 2013, 57 p. Thesis Supervisor: Širc, J.

Master thesis deals with solution of public transportation between Valašské Meziříčí and Rožnov pod Radhoštěm Towns. At the beginning is described route between these two cities and transport links characteristic between them. In this chapter is also described the way i have got input data, intensity of passengers. Then follows theoretical solution description. Based on it follows software model calculation and transfer of the final result into practice. After determination of characteristics of future links working we can determine type of the tariff and a ticket price. Penultimate chapter talks about transportation economic evaluation with determination of the financial subsidies needed for working of this transportation. Thesis closes conclusion of achievements.

Seznam použitých zkratek a symbolů

MHD Městská hromadná doprava

PID Pražská integrovaná doprava

VHD Veřejná hromadná doprava

aut.st. autobusové stanoviště

č. číslo

obr. obrázek

rozc. rozcestí

tab. tabulka

tzn. to znamená

ul. ulice

žel.st. železniční stanice

Osnova:

1. Úvod	8
2. Analýza současného stavu	9
2.1 Charakteristika stávající situace VHD mezi Valašským Meziříčím a Rožnovem pod Radhoštěm..	9
2.2 Intenzity cestujících	16
3. Teoretická východiska řešení.....	22
3.1 Úloha o návrhu sítě linek VHD	22
3.2 Model č. 1.....	23
3.3 Model č. 2	25
3.4 Výhody a nevýhody obou případů a jejich srovnání	26
4. Návrh dopravního řešení	28
4.1 Aplikace modelu č. 1	33
4.2 Aplikace modelu č. 2	37
4.3 Srovnání obou modelů v praxi.....	42
4.4 Model versus realita.....	42
4.5 Sestavení jízdního řádu.....	42
5. Návrh tarifního řešení	46
5.1 Výpočet nákladů	46
5.2 Výpočet jízdného	48
5.3 Tvorba tarifu	50
6. Ekonomické vyhodnocení	60
6.1 Tržby.....	60
6.2 Finanční ztráta.....	63
7. Závěr	64

1. Úvod

V průběhu 20. století samotná doprava velice zhoustla díky neustále se zvyšujícímu počtu vozidel a to vedlo ke stavění více kvalitnějších, a také širších, cest. Veřejná doprava a především její efektivizace je dnes, v době útlumu ekonomiky a s tím souvisejícím (všudypřítomným) nedostatkem peněz rozpočtů, velmi žádána a to především z hlediska financí. Podstatným faktorem je zde také konkurence. Také zvyšující se požadavky na kvalitní uspokojení přepravních nároků osob kladou stále větší nároky na organizaci provozu VHD (veřejná hromadná doprava). VHD má dnes za úkol zabezpečit maximum přepravních kapacit s vynaložením minima nutné práce a finančních výdajů při požadované kvalitativní úrovni. Kvalita VHD může být chápána jako souhrn více kritérií, jejichž počet nemusí být stálý. Kritéria kvality veřejné hromadné osobní dopravy je vhodné rozdělit do následujících skupin: doba a rychlost přemístění, bezpečnost přepravy, spolehlivost a přesnost, pohodlí přemístění, cena za přepravu, tarifní systém a další. Z pohledu cestujících však patří k nejpreferovanějším rychlost, spolehlivost, přesnost a cena za přepravu. Cestujícím ve veřejné hromadné dopravě by měl být nabízen komfort, při adekvátní výši ceny, která by měla být na takové úrovni, aby nebyla příčinou výběru jiného způsobu přepravy, jmenovitě individuální automobilové, a zajistila tak opravdu maximum přepravních požadavků.

V České republice je nejpoužívanější meziměstská doprava pozemní, a to železniční a silniční. Denně ji využívá mnoho set tisíc lidí na cestě do práce, školy a potom následně zpět domů. Jedná se o veřejnou hromadnou dopravu vlakovou, autobusovou anebo individuální automobilovou.

V této diplomové práci se budu snažit zoptimalizovat fungování veřejné hromadné dopravy mezi městy Rožnov pod Radhoštěm a Valašské Meziříčí. Na této trase je řešení neefektivního paralelního fungování vlakové a autobusové dopravy poptáváno ze strany krajského koordinátora veřejné dopravy Zlínského kraje. Optimalizace se týká koordinace autobusové a železniční dopravy a s tím spojených finančních nákladů na provoz, využitelnosti dopravních prostředků a také časové vyváženosti spojů pro potřeby cestujících. Řešení této problematiky je časově náročné a je zapotřebí mít dostatečné množství dat a podkladů. Je-li systém VHD vhodně navržen, měl by být schopen uspokojit převážnou většinu požadavků na přepravu, nikdy však neuspokojí všechny cestující. Z čehož vyplývá, že dokonalé řešení pro všechny účastníky VHD neexistuje.

2. Analýza současného stavu

V současné době jezdí na relaci Rožnov pod Radhoštěm - Valašské Meziříčí, v podstatě na stejné trase, jak autobusy tak vlaky. Tyto dva druhy dopravy se někdy časově naprosto překrývají. Z toho plyne výhoda pro cestující, kteří mají možnost si vybrat, který dopravní prostředek zvolí. Toto je výhoda pouze pro cestující, pro dopravce je to naopak problém s malou využitelností kapacity dopravních prostředků, a tím pádem i menší tržby. Největší problém to je zejména pro objednatele, což je Zlínský kraj.

Města Rožnov pod Radhoštěm a Valašské Meziříčí, stejně jako další města, prochází určitým vývojem. Rozvíjí se zástavba obytná, komerční a někdy i průmyslová, ikdyž ta se občas z důvodů krachu některých firem zase vytrácí. Těmito vlivy se mění nutnost obyvatel být mobilní. Protože v samotném centru města již není příliš prostoru pro novou zástavbu, nová obchodní a zábavní centra či obytné zóny, staví se na městské periferii. I tento fakt může mít vliv na změnu množství přepravených cestujících v čase.

Dalším nedostatkem VHD na trase v současnosti je, že stávající jízdní řád VHD dostatečně nereaguje na aktuální požadavky cestujících, kteří jsou potom nuceni za účelem splnění svých přepravních potřeb hledat jiné možnosti přepravy. Tím VHD přestává splňovat svou základní funkci, a to zabezpečení maximálních přepravních požadavků a efektivnost. Cílem této diplomové práce je návrh změn vedoucích k zajištění kvalitního a rychlého spojení již zmíněných měst tak, aby bylo maximálně atraktivní a současně došlo ke zvýšení podílu VHD na celkovém objemu přepravní práce při celkové maximální efektivitě této hromadné dopravy.

2.1 Charakteristika stávající situace VHD mezi Valašským Meziříčím, Rožnovem pod Radhoštěm

Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm

Na této trase je 7 zastávek vlakových (Valašské Meziříčí; Krhová; Hrachovec; Zašová; Střítež; Zubří; Rožnov Pod radhoštěm) a 9 autobusových (Valašské Meziříčí, aut.st.; Valašské Meziříčí, u skláren; Valašské Meziříčí, Hrachovec, cihelna; Zašová, rozc.Veselá; Zašová, žel.st.; Střítež n. Bečvou, rozc.; Zubří, žel.st.; Rožnov p. Radh., u trati a Rožnov p.Radh., aut.st.). Na trase jezdí autobusy s průměrnou kapacitou 45 míst k sezení a to buď

kyvadlově nebo v rámci jiných linek. Vlaky zde jezdí pouze kyvadlově, téměř nová Motorová jednotka řady 844 neboli Regioshark s kapacitou 120 míst k sezení. Tento vlak jezdí na trase osamocen. A to protože trať 281 v Rožnově končí. Vzdálenost měst činí 13 km. Jelikož obě města leží ve stejném údolí je výškový rozdíl obou měst minimální proto nebývá v zimě problém s plynulostí dopravy během zhoršeného počasí. Směrový profil trasy je také nekomplikovaný. Mezi městy je běžná dvouproutá silnice I/35. Železnice je vedena paralelně se silnicí, někdy i jen několik metrů od ní.



Obr. č. 1: Mapa zkoumané trasy Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm

Rožnov pod Radhoštěm

Je město v okrese Vsetín ve Zlínském kraji, Leží na březích řeky Rožnovská Bečva, 17 km od Vsetína a to v nadmořské výšce 378 m n. m. Poprvé je Rožnov pod Radhoštěm zmiňován 1267 v listině svého zakladatele Bruna ze Šaumburku. Koncem 18. století se Rožnov pod Radhoštěm postupně stává lázněmi. Lázně byly zrušeny v roce 1960. Jejich obnova se nedaří, a to především změnou charakteru města v průmyslové centrum, které je soustředěno v tzv. Průmyslovém areálu. V roce 2011 zde žilo téměř 17 tisíc obyvatel. Ve městě je 6 základních a 4 střední školy. Rožnov pod Radhoštěm je znám především svým skanzenem Valašské muzeum v přírodě, který založili Bohumír a Alois Jaroňkovi. Mezi nejvíce prosperující firmy tohoto města patří EPIGON s.r.o., REMAK a.s. a ROBE lighting s.r.o.

Valašské Meziříčí

Je město ležící také v okrese Vsetín ve Zlínském kraji, 15 km severně od Vsetína na soutoku Rožnovské a Vsetínské Bečvy v nadmořské výšce 294m. První zmínka o Meziříčí pochází z roku 1297. Na pravém břehu Rožnovské Bečvy byla založena obec Krásno, roku 1491 povýšená na městečko. Na levém existovala obec Meziříčí. V roce 1924 se obě obce spojily v město s názvem Valašské Meziříčí. Po roce 1945 se město stalo jedním z center chemického a sklářského průmyslu. Dnes se Valašskému Meziříčí také říká „Valmez“, a žije zde téměř 27 tisíc obyvatel. V tomto městě se také nachází mnoho pamětihodností například zámek Žerotínů, zámek Kinských, hvězdárna a další. Funguje zde pět základních, pět středních a jedna vyšší odborná škola. Nakonec alespoň několik nejznámějších rodáků jako jsou: Tomáš Berdych (tenista), Markéta Irglová (zpěvačka), Petr Fiala (frontman skupiny Mňága a Žďorp).

Dopravní prostředky používané na této trase

Vlak - Motorová jednotka řady 844



Obr.č. 2: Motorová jednotka řady 844

Jsou dvouvozové motorové jednotky vyráběné od roku 2011 polskou železniční strojírnou PESA Bydgoszcz pro České dráhy, které je nazvaly RegioShark. Díky svému specifickému vzhledu a jménu přeloženému z angličtiny jednotka již získala mezi železničními příznivci přezdívku *žralok*. Jde o českou variantu typu PESA Link II, tedy zatím jediné vyráběné varianty z typové rodiny PESA Link. Typ PESA Link II má objednan též německý dopravce Regentalbahn a Západopomořanské vojvodství v Polsku. Celkem ČD ve Zlínském kraji nasadí šest vlaků RegioShark, nakoupených za 384 milionů

korun z toho dotace z Regionálního operačního programu EU Střední Morava dosahuje 40 % a zbytek hradí České dráhy z vlastních prostředků. Tedy cena jedné motorové jednotky RegioShark činí 64 milionů korun. Poslední dva kusy by měly být dodány Zlínskému kraji v druhé polovině roku 2013.

Technický popis

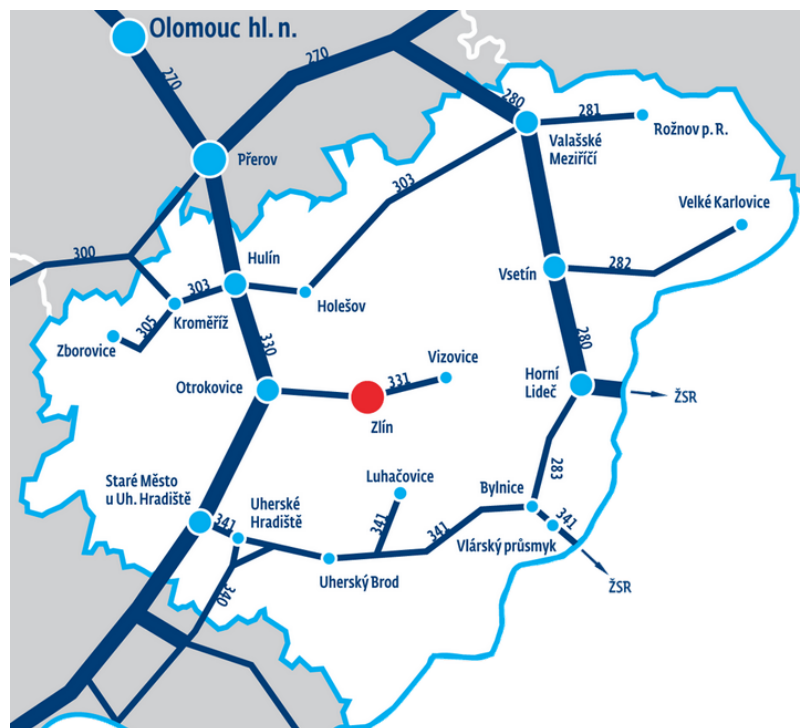
Jednotka se skládá ze dvou článků lehké stavby se společným Jakobsovým podvozkem, který je běžný. Hnací agregáty jsou umístěny pod podlahou za krajními podvozky (směrem ke středu jednotky) a pohánějí vždy obě nápravy podvozku, které jsou mechanicky spojené. Přenos výkonu je hydromechanický. Vozové skříně jsou ocelové. Jednotky jsou vybavené klimatizací, oddílem 1. třídy, audiovizuálním informačním systémem pro cestující, oddíly pro přepravu kol a kočárků, toaletou přístupnou pro vozičkáře a jsou částečně nízkopodlažní. RegioShark jezdí maximální rychlostí 120 kilometrů za hodinu. Vlak je dlouhý 44 metrů. Souprava disponuje 120 místy k sezení, z toho je 15 sedaček sklopných a 9 v 1. třídě, celková kapacita je 240 cestujících. K dispozici mají bezbariérové vstup i WC, prostor pro jízdní kola i kočárky, klimatizaci i audiovizuální informační systém. Podle Českých drah vlak nabízí komfort srovnatelný s dálkovými expresy. Nátěr jednotek je proveden v duchu jednotného nátěrového schématu Českých drah od studia Najbrt.

Vlaková trasa

Jedná se o regionální trať a to označenou číslem 281, která navazuje ve Valašském Meziříčí na trať 280 a 303 a končí v Rožnově pod Radhoštěm, kde na ní žádná další trať nenavazuje, jak je patrné z obrázku č. 4.



Obr. č. 3: Vlaková trasa: Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm



Obr.č. 4: Železniční síť Zlínského kraje

Linky

281 Valašské Meziříčí – Rožnov pod Radhoštěm

Dopravce: České dráhy, a.s.

Celkový počet spojů na trase je 17.

Autobusy – Irisbus Crossway 12



Obr.č. 5: Autobus Irisbus Crossway 12

Irisbus Crossway je model meziměstského linkového autobusu, který v rámci koncernu Irisbus vyrábí společnost Iveco Czech Republic Vysoké Mýto (dříve Karosa). Ve výrobě nahradil linkové verze řady 900. Model Crossway je určen nejčastěji pro provoz na kratších linkách. Pro dálkové tratě a zájezdy je určen Irisbus Arway.

Technický popis

Autobusy Crossway konstrukčně vycházejí z dálkového vozu Irisbus Arway. Jedná se o dvounápravový autobus se standardně vysokou podlahou (860 mm). Produkce Crosswayů ve třech délkových verzích o délkách 10,7 m, 12 m a 12,8 m probíhá od roku 2006. (Na zkoumané relaci jezdí model dlouhý 12m čili nese označení 12M.). Naproti druhým dveřím se může nacházet prostor pro kočárek. Kapacita je 49 míst k sezení a 43 ke stání. Od roku 2007 je také vyráběna částečně nízkopodlažní verze Irisbus Crossway LE.

Irisbus Crossway 12 LE

Je model městského a meziměstského autobusu. Jedná se o prakticky stejný model předešlého s jedním zásadním rozdílem, a to je částečně nízkopodlažní stavba. Tento model byl zamýšlen také jako nástupce autobusů řady 900, jejichž výroba byla ukončena na počátku roku 2007.

Technický popis

Crossway LE konstrukčně vychází z modelu se standardní výškou podlahy, linkového vozu Irisbus Crossway. Crossway LE je také možno vybavit tzv. kneelingem (naklonění stojícího vozu v zastávce o 7° směrem k nástupnímu ostrůvku, čímž se ještě více sníží nástupní výška). Kapacita je až 45 míst k sezení a až 47 ke stání.

SOR C 12



Obr.č. 6: Autobus SOR C 12

Je model českého příměstského standardního částečně nízkopodlažního autobusu, který je vyráběn společností SOR Libchavy od roku 2004 do současnosti. SOR CN 12 byl prvním příměstským nízkopodlažním autobusem z produkce firmy SOR.

Autobusy SOR CN 12 se staly prvními příměstskými nízkopodlažními autobusy v ČR ve své cenové kategorii, proto se v poměrně krátké době rozšířily do většího množství soukromých dopravních společností, požadujících nízkopodlažní vozidla. Kapacita tohoto autobusu je 41 míst k sezení a 41 pro stání. Největším provozovatelem vozů SOR CN 12 je skupina Veolia Transport.

Linky

Jsou rozděleny podle dopravců následovně:

ČSAD Vsetín, a.s.

940012 Vsetín-Valašské Meziříčí-Rožnov pod Radhoštěm

940013 Vsetín-Valašské Meziříčí-Rožnov pod Radhoštěm-Mošnov-FM-Ostrava

940051 Zašová-Zašová,Veselá-Valašské Meziříčí

940053 Rožnov pod Radhoštěm-Valašské Meziříčí-Olomouc

940057 Zašová-Zašová,Veselá-Rožnov pod Radhoštěm

940082 Rožnov pod Radhoštěm-Valašské Meziříčí-Nový Jičín

940083 Rožnov pod Radhoštěm-Valašské Meziříčí-Vsetín-Zlín

940084 Rožnov pod Radhoštěm-Zubří-Valašské Meziříčí
940086 Rožnov pod Radhoštěm-Vidče-Zašová-Valašské Meziříčí
940087 Rožnov pod Radhoštěm-Střítež nad Bečvou-Rožnov pod Radhoštěm
940088 Rožnov pod Rad.-Zubří,Staré Zubří-Zubří,točna-Rožnov pod Rad.
940099 Valašské Meziříčí-Rožnov pod Radhoštěm-Horní Bečva-Bílá,Bumbálka

Veolia Transport Morava, a.s.

940100 Valašské Meziříčí-Zubří

Celkový počet spojů na trase je 41.

2.2 Intenzity cestujících

Základními vstupními údaji pro řešení této práce jsou intenzity přepravovaných cestujících na jednotlivých úsecích trasy. Tyto intenzity lze získat několika způsoby.

Prvním a nejpřesnějším je získání dat od samotných dopravců pokud je mají k dispozici. Problém ovšem může být, že někteří dopravci nejsou ochotni tyto data poskytnout, ačkoliv by řešení prací jako je tato mohlo přinést jejich podniku i zásadnější úsporu peněz.

Druhým způsobem jsou statistiky získané při Sčítání lidu, domů a bytů, který bylo naposledy provedeno v březnu roku 2011. Bohužel údaje z tohoto roku nebyly dosud zveřejněny. I přes určitý časový odstup použitých dat můžeme říct, že se budou lišit od dat z posledního Sčítání lidu, domů a bytů jen v jednotkách procent.

Sčítání lidu, domů a bytů patří k nejrozsáhlejším statistickým zjišťováním. Toto zjišťování probíhá co deset let pro potřeby státních, vědeckých, studijních tak i soukromých subjektů. Vyhodnocení provádí Český statistický úřad.

Posledním způsobem je skutečné měření v reálném provozu. Tento typ měření je sice přesný, ale časově velmi náročný. Je vhodný pro měření intenzit v jednom přestupním uzlu, popřípadě na jedné konkrétní lince. Pro řešení veřejné dopravy mezi dvěma městy je časově i personálně zcela nereálný.

V této práci jsem vycházel z údajů ze Sčítání lidu, domů a bytů 2001.

Obecně lze říci, že denní intenzity získané z různých měření se rozdělují do čtyř kategorií:

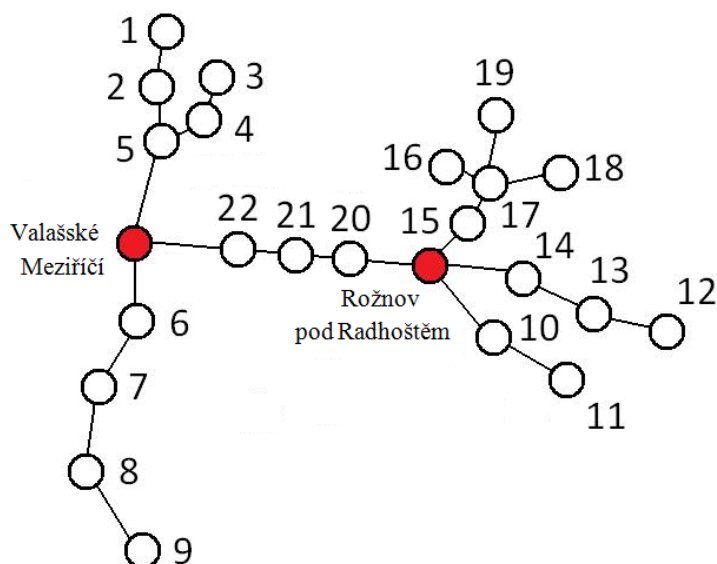
- 1) Ranní přepravní špička, která trvá od 5:00 do 9:00 h ráno. První spoje jsou většinou navrženy tak, aby se cestující dostali včas do zaměstnání a to především ti, kteří pracují již od brzkých ranních hodin. Další nutnou podmínkou je přepravit děti a studenty včas do školy.
- 2) Dopolední sedlo, které je mezi časem 9:00 h a 13:00 h.
- 3) Odpolední špička, to začíná ve 13:00 hod a trvá do 17:00 hod. V tomto časovém období je třeba mít spoje navrženy tak, aby se studenti a pracující lidé zase měli možnost vrátit domů, opět s co nejmenší časovou ztrátou.
- 4) Odpolední sedlo, to začíná v 17:00 h a končí posledním spojem, který je většinou navrhován tak, aby přepravil zaměstnance končící odpolední směnu domů, popřípadě lidi, kteří se vracejí z večerních společenských nebo jiných akcí.

My budeme rozlišovat pouze období přepravní špičky a období sedla jelikož ranní a odpolední špička je z hlediska hodinových intenzit v podstatě identická. To samé platí u sedla. Určení intenzit v jednotlivých částech dne má zásadní význam pro další fáze řešení diplomové práce.

Zpracování údajů o intenzitách

Samotné zpracování údajů do konečné podoby použitelné počítačovým programem je časově náročné. Na začátku je třeba stáhnout si konkrétní brožuru ve formátu pdf z internetových stránek Českého statistického úřadu. V našem případě jde o soubor s názvem: „ Dojížděka do zaměstnání a škol, pro okres Vsetín. Z tohoto statistického souboru chceme potřebná data zpracovat do formy přijatelné optimalizačním programem Xpress respektive získat informace o intenzitách cestujících na jednotlivých hranách. Nejlepším způsobem je zpracovat vstupní data v programu MS Excel díky mnoha funkcím urychlujícím a usnadňujícím operace s čísly. Na konec stačí pouze vložit získané hodnoty do programu Xpress. Níže je popsán celý proces zpracování dat:

1. Přepis dat z tabulek statistického úřadu do tabulek v programu. Vypisujeme pouze intenzity cestujících, kteří cestují trasou Valašské Meziříčí - Zašová - Střítež nad Bečvou - Zubří - Rožnov pod Radhoštěm a zároveň cestují z/do obcí zobrazených na obrázku č. 7. Tabulky se vstupními intenzitami cestujících pro každou obec a směr jsou zobrazeny v příloze A. Pokud mezi dvěma obcemi není žádná intenzita cestujících potom není dané políčko zobrazeno v tabulce této přílohy vůbec.



Obr č. 7: Schéma dopravní sítě obcí zahrnutých do zjišťování intenzit

Vysvětlivky:

Červeně označené jsou města Valašské Meziříčí a Rožnov pod Radhoštěm. Čísla znamenají obce zahrnuté do průzkumu intenzit. Jejich přiřazení:

- 1 – Nový Jičín
- 2 – Bludovice
- 3 – Životice u Nového Jičína
- 4 – Mořkov
- 5 – Hodslavice
- 6 – Brňov
- 7 – Bystřička
- 8 – Jablůnka
- 9 – Vsetín
- 10 – Vigantice

- 11 – Hutisko-Solanec
- 12 – Horní Bečva
- 13 – Střední Bečva
- 14 – Dolní Bečva
- 15 – Chumchálky
- 16 – Pod Javorníkem
- 17 – Buzkovice
- 18 – Trojanovice
- 19 – Frenštát pod Radhoštěm
- 20 – Zubří
- 21 – Střítež nad Bečvou
- 22 – Zašová

2. Nyní máme údaje o dospělých a dětech a za den. Známe výchozí a cílovou stanici. Z těchto hodnot je třeba vypočítat počet lidí používajících veřejnou hromadnou dopravu. To se provede pomocí empirického koeficientů, získaných dlouholetou praxí lidí pracujících v oboru. Přepočet se provede následovně:

– dospělí – počet lidí x 0,4

– děti – počet dětí x 0,9

Tyto přepočtené hodnoty sečteme a získáme celkový počet lidí jedoucích v dané relaci za den konkrétním směrem. Při následných výpočtech předpokládáme, že ten samý den pojedou zase zpět. Viz příloha A.

3. Vytvoříme tabulku intenzit pro oba směry. Získané hodnoty z předchozího kroku pouze vepíšeme do konkrétního políčka.

Tab. č 1: Intenzity cestujících v obou směrech

	RpR	Zub	Stř	Zaš	VM	Byst	Jabl	Vse	NJ	Fren	DB	PB	HB	Hut	Vig
Rožnov		66	0	29	409	0	0	89	24	0	0	0	0	0	0
Zubří	464		0	31	234	0	0	33	0	0	9	0	0	0	0
Střítež	58	9		68	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zašová	137	26	0		202	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0
Valašské	354	59	0	59		9	5	354	0	28	0	0	0	0	0
Bystřička	8	0	0	0	100		10	51	0	0	0	0	0	0	0
Jablůnka	10	0	0	0	91	0		174	0	0	0	0	0	0	0
Vsetín	80	4	0	0	502	13	54		0	0	0	0	0	0	0
Nový Jičín	23	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Frenštát	0	0	0	0	40	0	0	0	0		0	0	0	0	0
D. Bečva	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0		0	0	0	0
P. Bečva	0	4	0	0	35	0	0	0	0	0	0		0	0	0
H. Bečva	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Hutisko	0	5	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Vigantice	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

4. Z této tabulky zjistíme maxima z obou směrů. To provedeme pomocí funkce Excelu MAX. Pro přehlednost všechny maxima napíšeme do tabulky pod diagonálou. Vyznačíme políčka které nesplňují podmínky v bodě 1. Ty jsou vyznačeny šedou barvou.

Tab. č. 2: Maxima intenzit cestujících z obou směrů

	RpR	Zub	Stř	Zaš	VM	Byst	Jabl	Vse	NJ	Fren	DB	PB	HB	Hut	Vig
Rožnov															
Zubří	464														
Střítež	58	9													
Zašová	137	31	68												
Valašské	409	234	46	202											
Bystřička	8	0	0	0	100										
Jablůnka	10	0	0	0	91	10									
Vsetín	89	33	0	27	502	51	174								
Nový Jičín	24	0	0	0	0	0	0	0							
Frenštát	0	0	0	0	40	0	0	0	0						
D. Bečva	0	9	0	0	46	0	0	0	0	0					
P. Bečva	0	4	0	0	35	0	0	0	0	0	0				
H. Bečva	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0			
Hutisko	0	5	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0		
Vigantice	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

5. Následuje sečtení hodnot pro jednotlivé hrany respektive relace mezi obcemi. Využijeme funkci SUMA. Neexistuje postup jak to udělat zcela automaticky protože všechny tabulky jsem vytvořil podle vlastních představ. Proto se musí každé políčko přidat do součtu posouzením řešitele. Výsledek je uveden níže. Čísla napsaná mezi obcemi jsou celkové maximální intenzity cestujících za den.

6. Součet intenzit pro jednotlivé hrany.

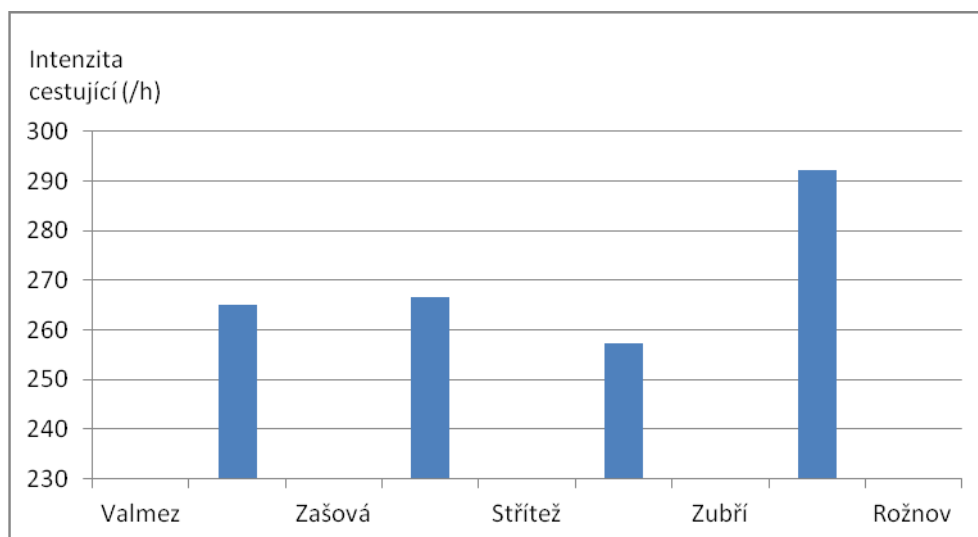
Tab. č. 3: Intenzity cestujících na jednotlivých hranách

V.M.	1325	Zašová	1332	Střítež	1286	Zubří	1461	R.p.R.
------	------	--------	------	---------	------	-------	------	--------

7. Teď je nutné přepočítat tyto hodnoty na přepravní špičku a následně na jednu hodinu této špičky. Přepravní špičku bereme ráno od 5:00 do 9:00 a odpoledne od 13:00 do 17:00. Předpokládáme, že 80 % lidí jede během této špičky. Proto Zjištěné čísla násobíme 0,8 krát, tudíž zbytek (0,2 násobek) připadá na přepravní sedlo. Obě tyto hodnoty podělíme čtyřmi a dostáváme intenzity cestujících za hodinu ve špičce tak i sedle.
8. Výsledky jsou vypsány v následující tabulce. Graf znázorňuje hodinovou intenzitu cestujících v přepravní špičce.

Tab. č. 4: Intenzity cestujících po přepočtech

za den	V.M.	1060	Zašová	1066	Střítež	1029	Zubří	1169	R.p.R.
za hodinu	špička	265		266		257		292	
	sedlo	66		67		64		73	



Graf č. 1: Intenzita cestujících během přepravní špičky za hodinu

3. Teoretická východiska řešení

Řešení této úlohy je náročné na počet proměnných i počet podmínek. Proto možnost ručního výpočtu není možná a budeme řešení hledat pomocí jedné z optimalizačních metod, které se používají v dopravě. V této kapitole bude představena metoda s názvem: „Úloha o návrhu sítě linek MHD,“ v našem případě VHD. Tato úloha má dvě varianty. První varianta počítá pouze s jedním typem vozidel, čili homogenní vozidlový park. My budeme pracovat pouze s druhou variantou a to s heterogenním vozidlovým parkem. To znamená, že máme více druhů dopravních prostředků. Tato varianta se dále rozděluje na dva případy a to minimalizace počtu vozidel a maximalizace pohodlí. Oba případy se dnes k řešení problémů přidělování vozidel linkám v současné době používají a níže si je popíšeme. Bude zde také uveden přehled podkladů potřebných pro sestavení jednotlivých variant matematických modelů, popis reálných omezení, jejichž dodržení bude zajištěno prostřednictvím soustav omezujících podmínek, a zvolená optimalizační kritéria. Při řešení pomocí těchto metod je někdy třeba přihlídnout ke zkušenostem z praxe a některé údaje upravit podle skutečnosti. Vycházíme z faktu, že máme autobusy s určitou kapacitou míst k sezení a vlak, zpravidla s větší kapacitou míst. Můžeme říct, že železniční doprava je teoreticky výhodnější a to hned z několika důvodů, jako je vlastní dráha (nižší závislost na silniční dopravě – dopravní špička, dopravní nehody), nižší jízdní odpory, větší kapacita vozů, plynulost jízdy, vyšší bezpečnost pro cestující. Nicméně optimální řešení nám ukáže až výpočet pomocí programu Xpress. Na závěr kapitoly budou modely srovnány z teoretického hlediska. V následující kapitole pak budou realizovány konkrétní optimalizační výpočty a jejich řešení budou porovnána.

3.1 Úloha o návrhu sítě linek VHD

Nyní si popíšeme základ modelu varianty II. Vstupními údaji do tohoto modelu jsou definována množina linek L a ohodnocená dopravní síť S . $S = (V, H, q)$, kde V je množina všech vrcholů dané sítě (rozhodných pro řešení problému linkotvorby), H je množina všech hran a q_h je rozhodující intenzita cestujících na hraně h v zadaném období. Předpokládáme, že každé hraně sítě je navržena alespoň jedna linka. Vrcholy sítě reprezentují konečné zastávky, případně uzly v nichž dochází k větvení sítě a relace

zastupují komunikace. Pro každou linku je dále stanovena oběžná doba (o_l) která se skládá z dvojnásobku doby spoje a času nutného pro obrat na konečných zastávkách.

3.2 Model č. 1

Úkolem této úlohy je rozhodnout o počtu vozidel přiřazených jednotlivým linkám tak, aby každý požadavek byl splněn, tzn. na každé hraně musí být dostatečný počet míst. Zároveň aby celkový počet vozidel nasazených k obsluze do sítě byl minimální. Jinými slovy: rozhodující kritérium je, kolik vozidel se přidělí na jednotlivé linky. Linka může být obsluhována maximálně jedním druhem dopravního prostředku. Linka bude v provozu, bude-li ji přiřazeno alespoň 1 vozidlo. Širší množinu linek vytváří řešitel, algoritmus už jen vybírá z těchto připravených linek. To znamená, že pokud řešitel zapomene nějakou linku vytvořit, algoritmus ji nenajde.

V úloze pracujeme s pojmy:

k_{ij} kapacita vozidla druhu i a typu j

H množina všech hran

I_i množina druhů dopravních prostředků

J_i množina typů vozidel

L_o širší množina linek

L_h množina linek obsluhující hranu $h \in H$

q_h rozhodující intenzita cestujících pro hranu $h \in$

o_l oběžná doba linky (min), $l \in L_o$

N_l počet oběhů vozidla (/h) na lince $l \in L_o$, $N_l = \frac{60}{o_l}$

T prohibitivní konstanta, hodnota, kterou by neměl počet vozidel, přidělených lince $l \in L_o$ daného druhu $i \in I$ a typu $j \in J$, překročit

x_{lij} počet vozidel přidělených lince $l \in L_o$ daného druhu $i \in I$ a typu $j \in J$, $x_{lij} \in Z_o^+$

Z_{li} přiřazení druhu dopravního prostředku $i \in I$ k obsluze linky L_o , $Z_{li} \in \{0,1\}$

Pokud chceme zároveň minimalizovat náklady na dopravu, zavedeme matici C , kterou sami sestavíme. Tím pádem musíme zavést prvek c_{ij} .

potom:

Účelová funkce: $\min f(x) = \sum_{l \in L_0} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{lij} \cdot c_{ij}$

za podmínek:

$$\sum_{l \in L_h} N_l \cdot k \cdot x_{lij} \geq q(h) \quad \text{pro } h \in H$$

Pokud bychom ale uplatnili omezující podmínky ve tvaru uvedeném výše, byli bychom nuceni vypisovat podmínky pro hrany samostatně. Tento problém odstraníme, když do úlohy zavedeme pomocnou matici A, což je linkově hranová incidenční matice. Tuto matici si musí řešitel sám sestavit. To znamená, že pokud linka l obsahuje hranu h bude člen matice a_{lh} roven 1. Hranová podmínka potom přejde do následujícího tvaru a tím zajistíme splnění poptávky na každé hraně.

$$\sum_{l \in L_h} a_{lh} \cdot N_l \cdot k_{ij} \cdot x_{lij} \geq q(h) \quad \text{pro } h \in H$$

Zajištění maximálně jednoho druhu dopravního prostředku na jednu linku provedeme následovně:

$$\sum_{i \in I} Z_{li} \leq 1 \quad \text{pro } l \in L_0$$

$$\sum_{j \in J_i} x_{lij} \leq z_{li} \cdot T \quad \text{pro } l \in L_0 \ i \in I, j \in J$$

Obligatorní podmínka: $x_{lij} \in Z_o^+ \quad \text{pro } l \in L_0 \ i \in I, j \in J$

$$Z_{li} \in \{0,1\} \quad \text{pro } l \in L_0 \ i \in I$$

3.3 Model č. 2

Úkolem této úlohy je maximalizovat hodnotu pohodlí respektive minimální poměrnou rezervu mezi nabízeným a požadovaným počtem míst na hraně, kterou zavedeme pod písmenem y (/). Pokud vyjde hodnota pohodlí po optimalizaci například 1,4 to znamená, že na každé hraně nabízíme 1,4 násobek toho, co je průměrně požadováno. Pokud je však pohodlí menší než jedna, existovala by minimálně jedna hrana, na které by nedošlo ke splnění požadavků. Proto máme v modelu podmínku $y \geq 1$. Vždy máme zadaný počet vozidel vozového parku (K). Linka může být obsluhována maximálně jedním druhem dopravního prostředku. V případě II této varianty musíme dodat vstupní údaj a tím je počet vozidel, které máme k dispozici. Kdybychom to neučinili, tak by byla množina přípustných řešení ve směru optimalizace neohraničená. Do úlohy je třeba dodat ještě jednu podmínku, a to, že počet přidělených vozidel nepřekročí kapacitu vozidlového parku.

Kromě veličin zmíněných v předchozím případě máme ještě:

K celkový počet vozidel ve vozovém parku

Potom tedy:

Účelová funkce: $\max f(y) = y$

za podmínek:

$$\sum_{l \in L_o} x_{lij} \leq K_{ij} \text{ pro } l \in L_o, i \in I, j \in J$$

Následující podmínka zajistí mimo jiné to, že na každé hraně bude nabízen minimálně takový počet míst, který odpovídá požadavkům při zohlednění minimální poměrné rezervy (dostatečné úrovně pohodlí).

$$\sum_{l \in L_o} a_{lh} \cdot N_l \cdot k_{ij} \cdot x_{lij} \geq q(h) \cdot y \quad \text{pro } h \in H$$

$$\sum_{i \in I} Z_{li} \leq 1 \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I$$

$$\sum_{j \in J_i} x_{lij} \leq z_{li} \cdot T \quad \text{pro } l \in L_0, i \in I, j \in J$$

Obligatorní podmínka: $x_{lij} \in Z_o^+ \quad \text{pro } l \in L_0, i \in I, j \in J$

$$Z_{li} \in \{0,1\} \quad \text{pro } l \in L_0, i \in I$$

$$y \geq 1$$

Hranové podmínky v tomto typu úlohy plní zároveň funkci vazebních podmínek. Pokud bychom převedli q_h na levou stranu do jmenovatele dostali bychom na této straně rovnice vzorce pro výpočet poměrných rezerv pro jednotlivé hrany. Proměnná y vymezuje hodnotu rezerv zespodu. V rámci výpočtu dochází k cílevědomému přerozdělování vozidel mezi linky tak, aby hodnota y dosáhla svého maxima.

3.4 Výhody a nevýhody obou případů a jejich srovnání

Výhodou uvedeného modelu je především jeho univerzálnost, může optimalizovat jak minimální poměrnou rezervu, tak celkový počet použitých vozidel při zahrnutí nákladů. Další výhodou těchto modelů je relativně málo vstupních údajů, jejichž hodnoty je nutné mít k dispozici. Navíc hodnoty těchto vstupních údajů nejsou obtížně zjistitelné. Největším problémem někdy může být získat intenzity cestujících na daných relacích. Mezi nevýhody modelů patří fakt, že širší množinu linek sestavuje řešitel. Ten může opomenout zahrnout do širší množiny linek některé důležité spojení a model tuto chybu nedokáže odstranit. Oba modely se používají hlavně pro poptávku bez znatelnějších dopravních sedel a špiček. Pokud jsou tyto jevy přítomny, je někdy výhodnější den rozdělit na několik částí, a ty řešit zvlášť. Tím se výpočet stává časově náročnější. Další nevýhodou je práce modelu s rozhodující intenzitou cestujících na hraně. Následně pak vzniká problém se zpracováním podmínek týkajících se směřování přepravních proudů. Řešitel poté musí činit dodatečná rozhodnutí, které linky budou v konečném řešení vybrány, a které ne. Toto rozhodnutí je do jisté míry závislé na již zmíněné praxi a zkušenostech řešitele. Přes všechny nevýhody umožní sestavené modely při řešení problému sledovat tolik omezení, které by člověk nebyl schopen kontrolovat nebo by mu to trvalo velmi dlouho. Srovnání modelů bude

provedeno pomocí tabulky (tabulka č. 5), ve které budou názorně paralelně uvedeny účelové funkce a soustavy omezujících podmínek jednotlivých modelů.

Tab. č. 5: Přehled modelů

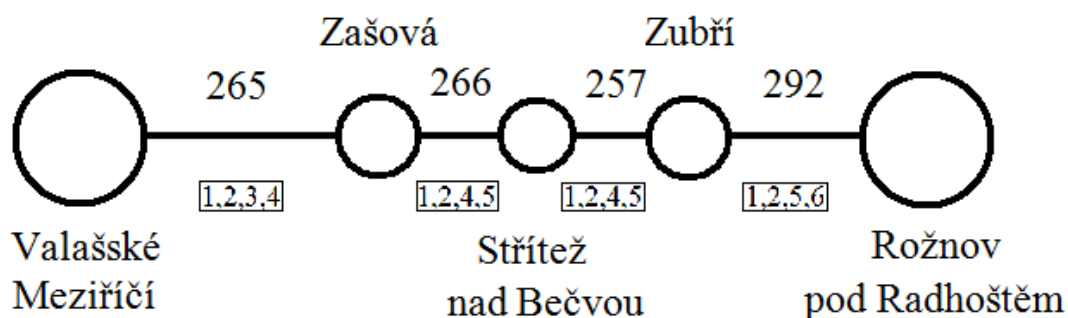
	Model č. 1	Model č. 2
Účelová funkce	$\min f(x) = \sum_{l \in L_o} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{lij} \cdot c_{ij}$	$\max f(y) = y$
Omezující podmínky	$\sum_{l \in L_h} a_{lh} \cdot N_l \cdot k_{ij} \cdot x_{lij} \geq q(h) \quad \text{pro } h \in H$ $\sum_{i \in I} Z_{li} \leq 1 \quad \text{pro } l \in L_o$ $\sum_{j \in J_i} x_{lij} \leq z_{li} \cdot T \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I, j \in J$	$\sum_{l \in L_o} a_{lh} \cdot N_l \cdot k_{ij} \cdot x_{lij} \geq q(h) \cdot y \quad \text{pro } h \in H$ $\sum_{i \in I} Z_{li} \leq 1 \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I$ $\sum_{j \in J_i} x_{lij} \leq z_{li} \cdot T \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I, j \in J$ $\sum_{i \in L_o} x_{lij} \leq K_{ij} \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I, j \in J$
Obligatorní podmínky	$x_{lij} \in Z_o^+ \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I, j \in J$ $Z_{li} \in \{0,1\} \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I$	$x_{lij} \in Z_o^+ \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I, j \in J$ $Z_{li} \in \{0,1\} \quad \text{pro } l \in L_o, i \in I$ $y \geq 1$
Rozmísťuje	vozidla	místa

4. Návrh dopravního řešení

V předcházející kapitole byly představeny dva matematické modely. Nyní budou tyto modely použity k řešení problému sítě linek VHD Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm. Po dosazení konkrétních hodnot do obou sestavených variant matematického modelu bude následovat celkové zhodnocení výsledků. Výsledek bude srovnán se stávajícím stavem. Řešení sestavených modelů bude provedeno v optimalizačním softwaru Xpress – IVE, který je produktem společnosti Dash Optimization sídlící v USA. Demoverze optimalizačního software je po bezplatné registraci u dané společnosti volně dostupná pro akademické účely. Řešení je provedeno pro dvě varianty a to pro zohlednění maximálních špičkových intenzit cestujících ráno a odpoledne a pro sedlo dopoledne a večer. Širší množina linek bude složena pouze z linek nově navrhovaných. V modelu č. 1 je proměnná počet vozidel na lince (x) a u modelu č. 2 to jsou také počet vozidel na lince (x) a pohodlí na všech linkách (y).

Formulace problému

Je dána síť linek viz obrázek č. 8. Síť je tvořena čtyřmi úseky, širší množinu linek tvoří šest linek. Ohodnocení hrany $h \in H$ značí intenzitu cestujících za hodinu qh v zatíženějším směru. Intenzity uvedené v tabulce č. 6 jsou intenzity za časové období jedné hodiny, v průběhu přepravní špičky a sedla. Pro řešení v optimalizačním softwaru je třeba znát tyto hodinové intenzity. Ty se získají podělením intenzit za celé období špičky/sedla celkovým počtem hodin trvání této špičky respektive sedla. U každé hrany jsou, na obrázku níže, uvedeny v rámečku linky, které danou hranu obsluhují. Intenzity cestujících z nebo do stanic Hrachová a Krhová byli v průzkumech rovny nule, proto je pro výpočty zanedbáváme.



Obr. č. 8: Dopravní síť s intenzitami

Vstupní hodnoty

Tab. č. 6: Přehled vypočtených intenzit

hrana	relace	hodinové intenzity	
		přepravní špička	přepravní sedlo
1	Valašské Meziříčí - Zašová	265	66
2	Zašová - Střítež nad Bečvou	266	67
3	Střítež nad Bečvou - Zubří	257	64
4	Zubří - Rožnov pod Radhoštěm	292	73

Pro stanovení počtu oběhů jednoho vozidla za hodinu je třeba stanovit oběžnou dobu. Oběžná doba o_l definována jako časový úsek mezi dvěma po sobě jdoucími odjezdy stejného vozidla ze stejného profilu tratě ve stejném směru při cyklickém oběhu vozidla na lince. Lze tedy vycházet ze vzorců:

$$o_l = 2 \cdot t_l + t_{k1} + t_{k2}$$

a

$$N_l = \frac{60}{o_l}$$

kde

o_l oběžná doba linky [min]

t_l doba linky [min]

t_{k1} ... doba obratu na výchozí zastávce [min]

t_{k2} ... doba obratu na konečné zastávce [min]

N_l počet oběhů linky l za hodinu [/]

Výpočet oběžných dob

Známe doby obrátů a jízdy:

Tab. č. 7: Doby obrátů a jízd linek

linka	t ₁ [min]	t _{k1} [min]	t _{k2} [min]
1	21	9	9
2	20	10	10
3	10	5	5
4	20	5	5
5	15	5	5
6	5	5	5

Hodnoty byli získány ze současných jízdních řádů.

linka č. 1:

$$o_l = 2 \cdot t_1 + t_{k1} + t_{k2} = 2 \cdot 21 + 9 + 9 = 60 \text{ min},$$

$$N_l = \frac{60}{o_l} = N_l = \frac{60}{60} = 1$$

linka č. 2:

$$o_l = 2 \cdot t_1 + t_{k1} + t_{k2} = 2 \cdot 20 + 10 + 10 = 60 \text{ min},$$

$$N_l = \frac{60}{o_l} = N_l = \frac{60}{60} = 1$$

linka č. 3:

$$o_l = 2 \cdot t_1 + t_{k1} + t_{k2} = 2 \cdot 10 + 5 + 5 = 30 \text{ min},$$

$$N_l = \frac{60}{o_l} = N_l = \frac{60}{30} = 2$$

linka č. 4:

$$o_l = 2 \cdot t_1 + t_{k1} + t_{k2} = 2 \cdot 20 + 5 + 5 = 50 \text{ min},$$

$$N_l = \frac{60}{o_l} = N_l = \frac{60}{50} = 1,2$$

linka č. 5:

$$o_l = 2 \cdot t_l + t_{k1} + t_{k2} = 2 \cdot 15 + 5 + 5 = 40 \text{ min},$$

$$N_l = \frac{60}{o_l} = N_l = \frac{60}{40} = 1,5$$

linka č. 6:

$$o_l = 2 \cdot t_l + t_{k1} + t_{k2} = 2 \cdot 5 + 5 + 5 = 20 \text{ min},$$

$$N_l = \frac{60}{o_l} = N_l = \frac{60}{20} = 3$$

Přehled vypočtených hodnot je uveden v následující tabulce.

Tab. č. 8: Oběžné doby a počet obrátů

linka	oběžná doba [min]	počet obratů [/h]
1	60	1,0
2	60	1,0
3	30	2
4	50	1,2
5	40	1,5
6	20	3

Kapacita míst k sezení je u autobusu 45 míst a u vlaku 120 míst. Ke stání je u obou druhů dopravního prostředku přibližně stejná hodnota míst jako k sezení. Pro nás je ovšem směrodatný, především při výpočtech, údaj první. Počet míst ke stání bereme jako rezervu při dopravní špičce. Obě tato čísla vychází z počtu sedadel a plochy dopravního prostředku určenou pro stání. Maximální obsaditelnost vychází z těchto údajů:

- 0,125 m² užitečné plochy na jedno místo určené k stání, to je 8 osob na 1 m²
- 0,315 m² užitečné plochy na jedno místo k sezení

Poměr počtu míst k sezení k počtu míst ke stání je ovlivněný v konstrukci vozidla podle účelu jeho použití.

Vstupní hodnoty a jejich zápis v programu Xpress

hra - hrany – reprezentují spojení dvou sousedních obcí, viz obrázek č. 8.

hrana č. 1 – Valašské Meziříčí - Zašová

hrana č. 2 – Zašová - Střítež nad Bečvou

hrana č. 3 – Střítež nad Bečvou - Zubří

hrana č. 4 – Zubří - Rožnov pod Radhoštěm

lin - linky – určil jsem podle stávajícího stavu sítě

linka č. 1 – obsahuje hrany č.: 1 – 4 (vlaková linka)

linka č. 2 – obsahuje hrany č.: 1 – 4 (autobusová linka)

linka č. 3 – obsahuje hrany č.: 1 (autobusová linka)

linka č. 4 – obsahuje hrany č.: 1 – 3 (autobusová linka)

linka č. 5 – obsahuje hrany č.: 2 – 4 (autobusová linka)

linka č. 6 – obsahuje hrany č.: 4 (autobusová linka)

druh – druh dopravního prostředku: 1 - vlak

2 - autobus

Konstanty

k – kapacita vozidla (autobus 45, vlak 120)

q – rozhodná intenzita cestujících na hraně (viz tab..)

a – linka obsahuje hranu (1), neobsahuje (0), vyplní řešitel (viz obr xx)

z – obsluha linky dopravním prostředkem (1) pokud ne (0), vyplní řešitel
(linka č. 1 – vlak, zbytek autobus)

N – počet oběhů vozidel na lince (/h) (viz tabulka č. 8)

T – prohibitivní konstanta – zabránění použití příliš velkého počtu dopravních prostředků

Proměnné

x - počet vozidel na lince

y – pohodlí

Optimalizační software pracuje na základě zápisu, který je uvedený výše. Pro vypsání účelové funkce slouží „getobjval“. Aby byly srozumitelně vypsány i zbylé výsledky, je třeba zadat potřebný vzorec, jež vypíše všechny výsledky.

4.1 Aplikace modelu č. 1

Do modelu je možné zadat i matici nákladů C . Nicméně v našem případě by to bylo kontraproduktivní vzhledem k tomu, že výpočet nákladů na provoz vlaku závisí na ujeté vzdálenosti za určitý čas. Čím větší je tato vzdálenost tím nižší jsou náklady na ujetý kilometr. Výpočet všech nákladů na provozování dopravy bude proveden v 5. kapitole.

Zápis v programu Xpress

a) přepravní špička

```
model Minimalizace_spicka  
uses "mmxprs";
```

```
declarations
```

```
druh=1..2
```

```
hra=1..4
```

```
lin=1..6
```

```
k:array(druh)of real
```

```
q:array(hra)of real
```

```
N:array(lin)of real
```

```
a:array(lin,hra)of real
```

```
z:array(lin,druh)of real
```

```
x:array(lin,druh)of mpvar
```

```
end-declarations
```

```
k::[120,45]
```

```
q::[265,266,257,292]
```

```
a::[1,1,1,1,  
    1,1,1,1,  
    1,0,0,0,
```

```

1,1,1,0,
0,1,1,1,
0,0,0,1]
N::[60/60,60/60,60/30,60/50,60/40,60/20]
z::[1,0,
0,1,
0,1,
0,1,
0,1,
0,1]
T:=5

forall(h in hra)sum(l in lin,i in druh)a(l,h)*N(l)*k(i)*x(l,i)>=q(h)
forall(l in lin,i in druh)x(l,i)is_integer
forall(l in lin,i in druh)x(l,i)<=z(l,i)*T
forall(i in druh)x(1,i)<=1

pocet_vozidel:=sum(l in lin,i in druh)x(l,i)
minimize (pocet_vozidel)
writeln('pocet_vozidel: ',getobjval)
writeln('prirazeni vozidel linkam dle druhu:')
forall(l in lin,i in druh)writeln('x('l','i,')='getsol(x(l,i)))
end-model

```

Řešením modelu v optimalizačním programu se dospělo k těmto výsledkům:

```

pocet_vozidel: 5
prirazeni vozidel linkam dle druhu:
x(1,1)=1
x(1,2)=0
x(2,1)=0
x(2,2)=4
x(3,1)=0
x(3,2)=0

```

$x(4,1)=0$
 $x(4,2)=0$
 $x(5,1)=0$
 $x(5,2)=0$
 $x(6,1)=0$
 $x(6,2)=0$

Z výsledků modelu jasně vyplývá, že celkový počet vozidel v provozu bude pět a obsluhována bude pouze linka č. 1 a linka č. 2. Ostatní linky nejsou obsluhovány vůbec. Tudíž oba druhy dopravního prostředku obsluhují celou trasu. Pro účely této práce budeme ve špičce počítat s těmito hodnotami.

b) přepravní sedlo

```
model Minimalizace_sedlo
uses "mmxprs";
```

```
declarations
```

```

druh=1..2
hra=1..4
lin=1..6
k:array(druh)of real
q:array(hra)of real
N:array(lin)of real
a:array(lin,hra)of real
z:array(lin,druh)of real
x:array(lin,druh)of mpvar
```

```
end-declarations
```

```

k::[120,45]
q::[66,67,64,73]
a::[1,1,1,1,
    1,1,1,1,
```

```

1,0,0,0,
1,1,1,0,
0,1,1,1,
0,0,0,1]
N::[60/60,60/60,60/30,60/50,60/40,60/20]
z::[1,0,
    0,1,
    0,1,
    0,1,
    0,1,
    0,1]
T:=5

forall(h in hra)sum(l in lin,i in druh)a(l,h)*N(l)*k(i)*x(l,i)>=q(h)
forall(l in lin,i in druh)x(l,i)is_integer
forall(l in lin,i in druh)x(l,i)<=z(l,i)*T
forall(i in druh)x(1,i)<=1

pocet_vozidel:=sum(l in lin,i in druh)x(l,i)
minimize (pocet_vozidel)
writeln('pocet_vozidel: ',getobjval)
writeln('prirazeni vozidel linkam dle druhu:')
forall(l in lin,i in druh)writeln('x('l','i,')='getsol(x(l,i)))
end-model

```

Řešení modelu:

```

pocet_vozidel: 1
prirazeni vozidel linkam dle druhu:
x(1,1)=1
x(1,2)=0
x(2,1)=0
x(2,2)=0
x(3,1)=0

```

$$x(3,2)=0$$

$$x(4,1)=0$$

$$x(4,2)=0$$

$$x(5,1)=0$$

$$x(5,2)=0$$

$$x(6,1)=0$$

$$x(6,2)=0$$

Z výsledku vyplývá, že pro uspokojení poptávky v přepravním sedle nám bude stačit pouze vlak.

4.2 Aplikace modelu č. 2

Dosažení hodnoty minimální poměrné rezervy mezi nabízeným a průměrně požadovaným počtem míst je možné zjistit za použití následujícího modelu. Použité veličiny jsou stejné jako v předešlém modelu. Pouze přibyla neznámá hodnota pohodlí y a konstanta K , jež popisuje kolik vozidel daného druhu máme ve vozidlovém parku k dispozici. Na místo hodnoty K jsou vloženy výsledky z předchozího modelu reprezentujícího počet vozidel. Přičemž stále platí, že máme k dispozici jeden vlak. Snažíme se tak zachovat minimální počet vozidel a zároveň zajistit co nejmenší hodnotu pohodlí.

zápis v programu Xpress

a) přepravní špička

```
model Maximalizace_spicka
uses "mmxprs";
```

```
declarations
```

```
druh=1..2
```

```
hra=1..4
```

```
lin=1..6
```

```
k:array(druh)of real
```

```

K:array(druh)of real
q:array(hra)of real
N:array(lin)of real
a:array(lin,hra)of real
z:array(lin,druh)of real
x:array(lin,druh)of mpvar
y:mpvar

```

```

end-declarations

```

```

k::[120,45]
K::[1,4]
q::[265,266,257,292]
a::[1,1,1,1,
    1,1,1,1,
    1,0,0,0,
    1,1,1,0,
    0,1,1,1,
    0,0,0,1]
N::[60/60,60/60,60/30,60/50,60/40,60/20]
z::[1,0,
    0,1,
    0,1,
    0,1,
    0,1,
    0,1]
T:=5

```

```

forall(h in hra)sum(l in lin,i in druha(l,h)*N(l)*k(i)*x(l,i)>=q(h)*y
forall(i in druha)sum(l in lin)x(l,i)<=K(i)
forall(l in lin,i in druha)x(l,i)<=z(l,i)*T
forall(l in lin,i in druha)x(l,i)is_integer

```

```

pohodli:=y
maximize (pohodli)
writeln('pohodlí je: ',getobjval,' nasobek pozadovaneho')
writeln('prirazeni vozidel linkam dle druhu:')
forall(l in lin,i in druh)writeln('x('1','i,')='getsol(x(l,i)))
end-model

```

Řešením modelu v optimalizačním programu se dospělo k těmto výsledkům:

pohodlí je: 1.0274 nasobek pozadovaneho

prirazeni vozidel linkam dle druhu:

x(1,1)=1

x(1,2)=0

x(2,1)=0

x(2,2)=4

x(3,1)=0

x(3,2)=0

x(4,1)=0

x(4,2)=0

x(5,1)=0

x(5,2)=0

x(6,1)=0

x(6,2)=0

Výsledné pohodlí je tedy 1,0274. Tato hodnota zcela splňuje požadavky na ni kladené, jelikož neklesla pod hodnotu jedna. Tudíž bylo ověřeno, že můžeme použít počet vozidel určených výsledkem předchozího modelu při zachování dostatečného pohodlí. Výslednou hodnotu pohodlí lze vysvětlit tak, že na každé hraně je nabízen 1,0274 násobek toho, co je průměrně požadováno.

b) přepravní sedlo

model Maximalizace_sedlo

uses "mmxprs";

declarations

druh=1..2 !dopravniho prostredku

hra=1..4 !hrany

lin=1..6 !linky

k:array(druh)of real !kapacita vozidla

K:array(druh)of real !pocet vozidel

q:array(hra)of real !rozhodna intenzita cestujicich na hrane

N:array(lin)of real !pocet obehu vozidel na lince[/h]

a:array(lin,hra)of real ! linka obsahuje hranu

z:array(lin,druh)of real !obsluha linky dopr. prostredkem

x:array(lin,druh)of mpvar ! pocet vozidel na lince

y:mpvar !pohodli

end-declarations

k::[120,45]

K::[1,0]

q::[66,67,64,73]

a::[1,1,1,1,

1,1,1,1,

1,0,0,0,

1,1,1,0,

0,1,1,1,

0,0,0,1]

N::[60/60,60/60,60/30,60/50,60/40,60/20]

z::[1,0,

0,1,

0,1,

0,1,


```

0,1,
0,1]
T:=5

forall(h in hra)sum(l in lin,i in druh)a(l,h)*N(l)*k(i)*x(l,i)>=q(h)*y
forall(i in druh)sum(l in lin)x(l,i)<=K(i)
forall(l in lin,i in druh)x(l,i)<=z(l,i)*T
forall(l in lin,i in druh)x(l,i)is_integer

pohodli:=y
maximize (pohodli)
writeln('pohodlí je: ',getobjval,' nasobek pozadovaneho')
writeln('prirazeni vozidel linkam dle druhu:')
forall(l in lin,i in druh)writeln('x('l','i,','i,')='getsol(x(l,i)))
end-model

```

Řešení modelu:

```

pohodlí je: 1.64384 nasobek pozadovaneho
prirazeni vozidel linkam dle druhu:
x(1,1)=1
x(1,2)=0
x(2,1)=0
x(2,2)=0
x(3,1)=0
x(3,2)=0
x(4,1)=0
x(4,2)=0
x(5,1)=0
x(5,2)=0
x(6,1)=0
x(6,2)=0

```

Pohodlí se rovná číslu 1,64384 což je dostatečná hodnota. Celkovým výsledkem testování stávajícího stavu pro přepravní sedlo je, že v provozu je pouze vlak.

4.3 Srovnání obou modelů v praxi

Nyní se nabízí otázka, který model je pro použití v praxi vhodnější. První model je zaměřen na hledisko ekonomické, a to především pro dopravce. Zatímco model o maximalizaci pohodlí je očividně určen pro uspokojení potřeb zákazníků. V našem případě hodnoty řešení prvního modelu byly úspěšně použity v druhém modelu. To znamená, že teoreticky nemusíme řešit problém s výběrem modelu pro aplikaci do praxe. Obecně lze říct, že v dnešní době se vždy řeší finance na prvním místě. Finanční stránka fungování dopravy je dnes velmi důležitá jak pro objednatele dopravy tak pro samotné dopravce, i kvůli tvrdé konkurenci v oboru. Proto berme model minimalizace počtu vozidel jako ten určující a hlavní.

4.4 Model versus realita

Ne každý počítačový model lze uznat jako zcela odpovídající realitě. Důvodů je více. Mimo jiné to jsou: nedokonalost programu, nedostatečně podrobná vstupní data, neznámé veličiny, nedostatečný výkon programu, příliš mnoho proměnných a jiné. Nejprve připomeňme, že model musel být upraven na dva stavy, a to přepravní sedlo a špičku. Toto rozdělení nám přineslo určité zpřesnění výpočtu.

4.5 Sestavení jízdního řádu

Jízdní řád je komplexní sestava zastávek, linek a spojů v nich použitých. Pro cestující je jízdní řád umístěn na všech zastávkách, kde si zjistí údaje o konkrétním spoji. Mimo to je volně dostupný na internetu. Díky této možnosti je v dnešní době velmi snadné a rychlé si kdykoliv vyhledat libovolný spoj.

V dnešní době se jízdní řád musí řídit legislativními nařízeními, která upravují některé jejich aspekty. Jsou jimi například upravovány termíny, kdy mohou být jízdní řády měněny, což je většinou každého čtvrt roku. Musí počítat se stavem vozidel a neméně důležitou měrou musí brát ohled na řidiče, kteří musí mít čas na odpočinek a také mají zákonem stanovenou maximální dobu, po kterou mohou řídit vozidlo bez bezpečnostní přestávky.

Zveřejnění jízdního řádu a provozování podle něho je jedna ze základních povinností dopravce hromadné osobní dopravy. V současnosti pro veřejnou linkovou dopravu a

mezinárodní linkovou osobní dopravu je tato povinnost uvedena ve Vyhlášce Ministerstva dopravy a spojů ze dne 25. října 2000 o jízdních řádech veřejné linkové osobní dopravy. Tato vyhláška podle § 41 odst. 2 k provedení §17 odst. 6 zákona 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění zákona č.150/2000 Sb. upravuje způsob zpracování a obsah jízdních řádů a jejich změn.

Způsob zpracování jízdního řádu a jeho změn

Jízdní řád musí být zpracován v souladu s podmínkami provozování veřejné linkové dopravy, pokud jsou stanoveny v rozhodnutí o udělení licence.

Časové údaje musí:

- vycházet ze stavebního a dopravně technického stavu pozemních komunikací a z pravidel silničního provozu a jejich místních úprav v úsecích, po kterých je linka vedena
- respektovat maximální konstrukční rychlost a jízdní vlastnosti vozidel na lince a přepravní podmínky jednotlivých spojů
- vycházet z prostorových parametrů zastávek jednotlivých spojů linky a z jejich časového využití vozidly jiných linek

Pro všechny odlišné trasy jednotlivých spojů se při zpracování jízdního řádu určí tarifní vzdálenosti, není-li dále stanoveno jinak. Pro všechny spoje se při zpracování jízdního řádu stanoví konkrétní časový rozsah jejich provozu v průběhu platnosti jízdního řádu.

Jízdní řád, který tvoří podle § 7 odst. 1 obsah celostátního informačního systému o jízdních řádech, tuzemský dopravce zpracovává také v elektronické podobě.

Doprovce předkládá ke schválení jízdní řád ve lhůtě a způsobem, které stanoví příslušný dopravní úřad, a v případě jízdního řádu veřejné mezinárodní linkové dopravy Ministerstvo dopravy. Dopravní úřad si může vyžádat jako podklad ke schválení jízdního řádu údaje o denní době řízení a bezpečnostních přestávkách řidičů a další podklady použité pro zpracování jízdního řádu.

K sestavení jízdního řádu je zapotřebí znát následující údaje:

- názvy konečných zastávek
- názvy a umístění mezilehlých zastávek
- délka linky v kilometrech
- začátek a konec denní doby provozu
- začátek a konec přepravní špičky a přepravního sedla
- interval mezi linkami
- doba spoje na lince pro daný směr přepravy
- doba zdržení (obratu) na výchozích a konečných zastávkách
- oběžná doba linky
- počet vozidel v provozu na lince

Z výsledku modelů vyplynulo, že vlak bude jezdit v podstatě neustále a ve špičce by měly jezdit čtyři autobusy. Toto základní nastavení většinou necháme beze změn. Upravili jsme ovšem začátky a konce přepravních špiček zejména kvůli dokončování jednotlivých oběhů vozidel a nárazovým výkyvům v intenzitách cestujících pracujících a žáků při jízdě do nebo z práce či školy. Základní čas odjezdu z Valašského Meziříčí byl pro vlak určen na dvacet minut po celé hodině tak, aby byla souprava v Rožnově pod Radhoštěm s dostatečnou rezervou pro lidi a děti směřující do práce nebo školy na celou hodinu. Proto však musíme nějak vyřešit vyváženost kapacity v obou směrech, zejména ve špičce. Díky tomu autobusové spoje, které pojedou proti vlaku, budou obsluhovány dvěma autobusy po celou dobu špičky, jak ranní tak odpolední. První tento spoj je označen číslem a poslední č. 20 a v odpolední špičce to jsou jako první spoj č. 29 a poslední s číslem 54.

Naopak z druhého směru byly nasazeny dva autobusy na dvacet pět minut po celé hodině tak, aby všichni lidé i z druhého směru měli možnost přijet za prací a školou včas.

Změny oproti výsledkům modelu

Jak už bylo zmíněno výše, většinou se musí výsledky výpočtu jakéhokoliv počítačového programu alespoň minimálně upravit v detailech, které počítač nedokáže vyřešit. Ne jinak je to mu i v našem případě. Úpravy byly postupně prováděny po konzultaci s vedoucím této práce. Následuje výčet úprav:

- O víkendu jezdí vlak někdy pouze co dvě hodiny.
- Poslední vlak ve 23:00 h respektive 23:34 h byl přes týden nahrazen autobusovým spojem č. 65 a 66, posledním spojením toho dne.
- Vlak nejede ve 20.20 h ve směru do Rožnova pod Radhoštěm, kdy zpravidla nejede tolik lidí, jeho úlohu částečně převezme autobusový spoj č. 61 a 62.
- Autobusové spojení je přes týden zajištěno i v sedle, ranním i odpoledním. Snižujeme tím čas čekání cestujících na spoj. Jsou to spoje č. 21 až 28 a 57 až 66.
- Během víkendu autobus nejede vůbec.

Celkový počet spojů na trase je 19 vlakových a 33 autobusových. Konečné jízdní řády včetně všech dodatečných úprav jsou zobrazeny v přílohách B až G.

5 Návrh tarifního řešení

Při každém řešení veřejné dopravy je třeba vyřešit finanční zajištění fungování této dopravy. Toho lze docílit pomocí zvolení vhodné cenové politiky, která by měla zajistit konkurenceschopnost především vůči individuální automobilové dopravě (IAD).

Nejprve je však potřeba zjistit celkové náklady na provozování dopravy. Pokud bychom neznali tyto velmi důležitá čísla, tak bychom nemohli odpovědně provozovat žádnou dopravu. To by mohlo vést i ke krachu dopravce a ostatním problémů s tím spojených. Neznalost finanční náročnosti, respektive neschopnost dostát svým závazkům, je i v rozporu s podmínkami pro udělení koncese pro provozování dopravy. Proto je třeba vypočítat tyto celkové náklady na provozování dopravy a následně i částečně podle tohoto údaje určit cenu jízdenky. Následuje výpočet celkových nákladů na provoz dopravy.

5.1 Výpočet nákladů

Vstupní data

Výsledky programu Xpress jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tab. č. 9: Výsledné počty vozidel

	vlak	autobusy
minimalizace p. vozidel – špička	1	4
minimalizace p. vozidel- sedlo	1	0
maximalizace pohodlí - špička	1	4
maximalizace pohodlí - sedlo	1	0
označení	vl	au

- údaje o trase: vzdálenost měst $s = 13$ km
- dny za rok 2013 – pracovní $pr = 253$ dní
 - soboty $so = 49$ dní
 - neděle, svátky $ne = 63$ dní

vlak

- náklady na kilometr $na_v = 86 \text{ Kč/km}$

tato částka obsahuje:

- odpisy (údržba, opravy, splátky) – 34,80,- Kč/km
- palivo (spotřeba 1,07 l/km, palivo je bez daně) – 32,80,- Kč/km
- personál – 18,40,- Kč/km

Tab. č. 10: Počet obrátů za den

	obratů	
pracovní den	18	o_p
sobota	12	o_s
neděle, svátky	11	o_n

- celkový počet spojů je 19

Jednotlivé náklady

náklady na jeden obrat

$$n_{lov} = s \cdot na_v \cdot 2 \cdot vl = 13 \cdot 86 \cdot 2 \cdot 1 = 2\,236,- \text{ Kč}$$

náklady na pracovní den

$$n_{prv} = s \cdot na_v \cdot 2 \cdot vl \cdot o_p = 13 \cdot 86 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 18 = 40\,248,- \text{ Kč}$$

náklady za sobotu

$$n_{sov} = s \cdot na_v \cdot 2 \cdot vl \cdot o_s = 13 \cdot 86 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 12 = 26\,832,- \text{ Kč}$$

náklady za neděli

$$n_{nev} = s \cdot na_v \cdot 2 \cdot vl \cdot o_n = 13 \cdot 86 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 11 = 24\,596,- \text{ Kč}$$

náklady za rok

$$n_{rov} = (n_{prv} \cdot pr) + (n_{sov} \cdot so) + (n_{nev} \cdot ne)$$

$$n_{rov} = (40\,248 \cdot 253) + (26\,832 \cdot 49) + (24\,596 \cdot 63) = 13\,047\,060,- \text{ Kč}$$

Autobus

- údaje o nákladech na 1 km jízdy autobusu: $n_a = 33,50$ Kč/km

částka obsahuje:

- | | |
|---|----------------|
| - odpisy (údržba, opravy, splátky) | – 10,- Kč/km |
| - palivo (spotřeba 0,32 l/km, palivo je bez daně) | – 9,50,- Kč/km |
| - personál | – 14,- Kč/km |

- počet spojů autobusů za pracovní den: $s_a = 33$ sp.

- počet obrátů autobusů za pracovní den: $o_a = 42$ obr.

Jednotlivé náklady

náklady na jeden obrát

$$n_{loa} = s \cdot n_a \cdot 2 \cdot 1 = 13 \cdot 33,5 \cdot 2 \cdot 1 = 871,- \text{ Kč}$$

náklady na den

$$n_{da} = s \cdot n_a \cdot 2 \cdot o_a = 13 \cdot 33,5 \cdot 2 \cdot 42 = 36\,582,- \text{ Kč}$$

náklady na rok

$$n_{roa} = n_{da} \cdot pr = 36\,582 \cdot 253 = 9\,255\,246,- \text{ Kč}$$

Celkové náklady za oba druhy dopravy

$$n_{cc} = n_{rov} + n_{roa} = 13\,047\,060 + 9\,255\,246 = 22\,302\,306,- \text{ Kč}$$

5.2 Výpočet jízdného

Při výpočtu vycházíme s celkového počtu lidí přepravených za den na celém sledovaném území. K tomuto účelu potřebujeme tabulku z již dříve zaznamenanými daty. Je to tabulka č. 1. K tomuto použijme opět funkci programu Excel SUMA.

Získáme číslo 2838, potom tedy:

týden

počet lidí pro: směr tam - $p_t = 2838$ lidí

tam a zpět - $p_{de} = 2838 \cdot 2 = 5\,676$ lidí

víkend a svátky

$p_v = p_{de} \cdot 0,3 = 5\,676 \cdot 0,3 = 1\,703$ lidí

rok

$p_r = p_{de} \cdot p_r + p_v \cdot (s_o + n_e) = 5\,676 \cdot 253 + 1\,703 \cdot (49 + 63) = 1\,626\,799$ lidí

odečet dovolených, nemocí atp, $d_{dov} = 33$ dní

$p_{do} = p_r - (d_{dov} \cdot p_{de}) = 1\,626\,799 - (33 \cdot 5\,676) = 1\,439\,484$ lidí

výpočet ceny jízdenky

$c_j = n_{cc} : p_{do} = 22\,302\,306 : 1\,439\,484 = 15,49,-$ Kč/osoba

Tato částka je orientační a vyjadřuje čistě průměrnou hodnotu, kterou by měl jeden cestující minimálně zaplatit za jednu jízdenku. Určování cen jízdenek se budeme věnovat níže.

Náklady na jízdu autem

Abychom mohli posoudit, jestli je nabízená cena za jednu jízdenku dostatečně atraktivní, musíme znát částku, kterou lidé průměrně platí za přepravu osobním autem. Počítáme s variantou, že cestující jede nejdelší možnou trasu, to je z Valašského Meziříčí do Rožnova pod Radhoštěm nebo v opačném směru, abychom mohli srovnat cenu jízdy vozidla s cenou jízdenky pro všechny tři zóny. Bereme průměrnou spotřebu i cenu paliva. Potom:

spotřeba paliva - $s_p = 7$ l

cena paliva/litr - $c_{elitr} = 35,-$ Kč/l

cena paliva na 100 km - $c_{e100} = s_p \cdot c_{elitr} = 7 \cdot 35 = 245$ Kč/km $\rightarrow c_{e1} = 2,45$ Kč/km

cena tam - $c_{et} = s \cdot c_{e1} = 13 \cdot 2,45 = 31,85,-$ Kč

cena tam a zpět - $c_{etz} = 2 \cdot c_{et} = 2 \cdot 31,85 = 63,70,-$ Kč

Přes částku 31,85,- Kč se při určování ceny třízónové jízdenky v žádném případě nesmíme dostat. Samozřejmě může nastat i případ, že autem jede více lidí, což je samozřejmě pro nás jako dopravce nevítaná možnost. O tomto problému se zmíním ještě v textu níže. K dobru nám není ani fakt, že na osobním automobilu dochází vlivem času a používání k tzv. amortizaci. To znamená, že je třeba do automobilu investovat nějaké peníze kvůli údržbě a opravám. Nicméně lidé tento fakt často opomíjejí a při rozhodování, zda použít k přepravě veřejnou dopravu nebo automobil na něj neberou zřetel. Proto ani my s touto důležitou informací nemůžeme počítat v náš prospěch.

5.3 Tvorba tarifu

Je několik způsobů jak vytvořit strukturu cen jízdného. Nejstarším způsobem je určování ceny jízdného pouze podle ujeté vzdálenosti v kilometrech. Tento způsob však v dnešní době již dostatečně nezohledňuje složitost řešení veřejné dopravy a její finanční náročnost. To se týká i koexistence více druhů veřejné dopravy na, do jisté míry, identických trasách. V dnešní době existují a nejvíce se používají v České republice především dva způsoby tvorby tarifů. Jsou to Pásmový tarif a Zónový tarif. Oba jsou popsány níže.

Cílem tarifního opatření je :

1. Stabilizace pravidelných cestujících na uvedené trase komerční slevou.
2. Minimalizovat výkyvy v tržbách mezi jednotlivými ročními obdobími.
3. Snížit finanční rozpětí mezi spoji s vysokými tržbami a spoji ztrátovými (školní, večerní a sedlové).
4. Zrychlit odbavování cestujících na zastávkách a umožnit snížení cestovní doby.
5. Snížit rozsah používání osobních vozidel u těch cestujících, kteří kombinují cesty hromadnou dopravou a osobními auty podle aktuálních povětrnostních podmínek, a omezit tak nerovnoměrnost přepravy.
6. Získat nové cestující, kteří díky vysoké ceně jízdenek přešli na pravidelné využívání osobních vozidel pro cesty do zaměstnání nebo o víkendech používají osobní vozidlo na nepravidelné cesty (nákupy, rekreace apod.).
7. Zpřesnění znalostí o pohybu cestujících na jednotlivých úsecích celé trasy (bližší údaje o zdrojích a cílech cest).

Aktuální ceny jízdného ve veřejné osobní dopravě jsou možností úprav a změn dány především sociálním charakterem dané územní oblasti, kdy veřejná osobní doprava je v mnoha případech jedinou možností přepravy, a současně vazbou této ceny (zhruba 1,1-1,40 Kč/oskm v autobusové dopravě, v železniční dopravě zhruba 0,70-0,90 Kč/oskm) na cenu za provoz osobního automobilu (bez zmiňované amortizace) při obsazení vozidla 2 osobami (průměrné obsazení je cca 1,4 osob ale pro naše účely berme horší možnost čili celé vyšší číslo tedy 2), která vychází na zhruba 1,3-1,8 Kč/oskm, s amortizací je cena vyšší v rozsahu 2,5 až 3,5 Kč. Samozřejmě platí, že čím více lidí jede jedním osobním automobilem, tím je cena za přepravu výhodnější pro jednotlivce. Z tohoto velmi zjednodušeného a neúplného srovnání lze odvodit, že možnosti dalšího zvyšování příjmu z tržeb ve veřejné osobní autobusové dopravě jsou již omezené a že hlavním cílem by mělo být udržení cestujících.

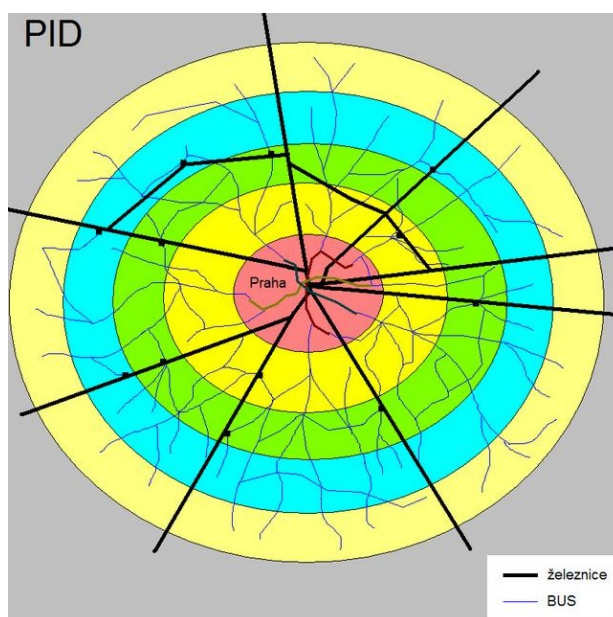
Návrhem tarifního systému rozumíme obecně systematické sestavení cen jízdného včetně tarifního ustanovení a ustanovení pro přepravu. Při návrhu tarifního systému vycházíme z toho, že výše tarifu je součástí tržního systému ve veřejné dopravě a určuje i atraktivnost veřejné dopravy pro cestující. Z těchto důvodů je vytvoření tarifního systému a výše cen jízdného součástí ekonomických rozhodnutí objednatele dopravy, ale jde i o celkovou dopravní strategii města a nejbližšího okolí, včetně ohledů na sociálně politický dopad těchto rozhodnutí na cestující veřejnost.

Zachování stávajícího kilometrického tarifu je v současné době již nevyhovující potřebám cestujících. Z tohoto důvodu je nutné vypracovat jednotnou koncepci tarifu v jednotlivém jízdném i předplatních jízdenkách. Tato koncepce by měla být více podobná tarifu MHD vzhledem charakteru trasy a měla by vycházet buď ze zónového nebo pásmového uspořádání. Posouzení obou těchto koncepcí je uvedeno následovně.

A) Pásmový tarif

Pásmový tarif systému veřejné dopravy lze výhodně použít zejména v oblastech s velmi vysokou dojížděnkou z území do jednoho centra – města, např. Praha, viz obrázek č. 9. To znamená, že zde dominují v drtivé většině cesty dostředné (radiální). Cesty, které se vyskytují v jiných směrech (tangenciální vazby), jsou v naprosté menšině. Pásmový tarif pak na tento stav reaguje postupným zvyšováním cen jízdného (jednotlivého i předplatního) ve vzdálenosti od centra oblasti i tarifního systému. Technické řešení pásmového tarifu vychází z pásem daných kruhy stejnoměrně se vzdalujícími od centra oblasti. Na území centrálního města pak je první pásmo, které vychází většinou z původního rozsahu MHD ve městě. Vzdálenost jednotlivých mezikruží při stanovení dalších pásem a cena v těchto vnějších pásmech vychází z finančních možností systému. Cena za stejně dlouhý úsek ve vnějších pásmech však je podobná většinou ceně systému, který je zde integrován - linkové autobusové dopravě nebo železniční dopravě.

Nevýhodou pásmového tarifu je obtížné řešení tarifní problematiky na území, ve kterém je dominantní vazba na jedno centrum. Nejhorší jsou vazby tangenciální vedoucí v některém vnějším pásmu podél jeho hranic. V těchto případech pak se vnější pásma - mezikruží - dále dělí na menší části, z toho pak vzniká problém snahy zachovat tarif co nejpřehlednější a nejjednodušší pro cestujícího.



Obr. č. 9: Pásmový tarif Pražské ID

B) Zónový tarif

Zónový tarif je alternativou k pásmovému tarifu v oblastech, kde je v území několik významných cílů cest (například větších měst) a kde tedy nelze použít výše uvedený tarif pásmový. Zónový tarif je jen zřídka užíván u tarifu MHD, jeho přednosti se projevují ve větších územích s plochou celého okresu nebo dokonce regionu. Vlastní princip řešení je založen na rozdělení celého řešeného území do přirozených malých regionů, jejichž centrem je většinou lokální cíl cest. Tyto malé regiony jsou pak základem jednotlivých tarifních zón, ze kterých se skládá celý tarifní systém veřejné dopravy. Velikost zón je doporučována podle zahraničních teorií mezi 50 až 70 km², v případě nutnosti lze tyto zóny přiměřeně zmenšit (jedná se o případy, kdy je nedostatečná finanční dotace). V našem případě se jedná o plochy jednotlivých území velkou zhruba 30 km². Mezi zónami by ve velikosti neměly být velké rozdíly.

Princip zónového tarifu vychází z kombinace tarifu liniového a pásmového. Z liniového tarifu je zde přijata myšlenka, že cena cesty je závislá na počtu projetých zón od nástupu cesty, přičemž velikost zóny je ve všech směrech přibližně stejná - na rozdíl od pásmového tarifu, kde cena cesty vychází z počtu překročených hranic mezi pásmy a v radiálním směru je stejně dlouhá cesta dražší než u cest tangenciálních. Z pásmového tarifu pak byla přejata myšlenka zvětšení rozdílu mezi cenami v různých zónách. V liniovém tarifu cena jízdenky roste pozvolně (v úsecích cca 2-4 km se zvedá i cena), v zónovém tarifu se cena zvedá po úsecích dlouhých cca 6-8 km, obdobně jako u pásmového tarifu.

Základní cena tedy vychází z ceny cesty v jedné zóně (jednotlivé i předplatné). Cena cesty ve dvou zónách je přibližně ve výši 1,7 násobku ceny cesty v jedné zóně. Další růst ceny je možný variantně. Podmínkám dnešního liniového tarifu odpovídá nejlépe růst ceny cesty vždy připočtením hodnoty první zóny za každou započtenou další zónu. Nevýhodou zónového tarifu, ale i tarifu pásmového, je problematika krátkých cest na hranici mezi zónami nebo pásmy. Proto je cesta mezi dvěma zónami navrhována pouze v ceně cca 1,7 násobku ceny cesty v jedné zóně. V případech, kdy zónový tarif je používán v souvisle zastavěném území, je zde nutno přistoupit i k hraničním zónám jako zvláštnímu prvku umožňujícímu cestujícím na hranici dvou zón cestovat do obou sousedních zón za cenu jedné zóny.

Zónový tarif je dnes velmi používaný tarif u integrovaných dopravních systémů. Relativně nejlépe je zpracován pro území kantonu Zürich ve Švýcarsku, kde zahrnuje 45

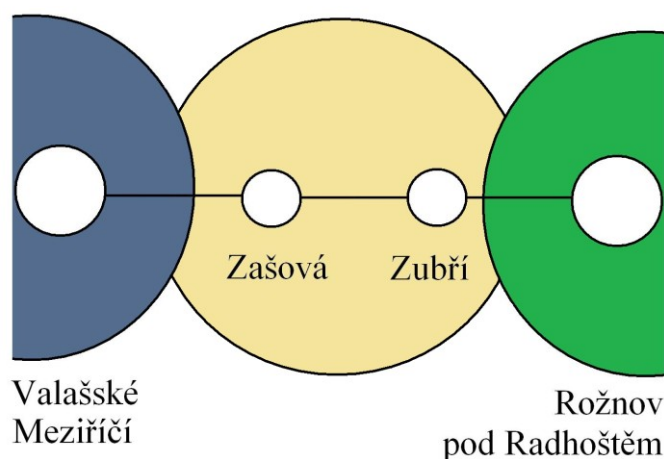
zón na území regionu velikosti průměrného českého kraje. Dnes je tento systém používán např. v Olomouckém kraji a některých okresech Středočeského kraje, př. okres Kutná Hora, Kolín a Nymburk.

Výhody zvoleného systému lze spatřovat zejména:

- v otevřenosti návrhu vůči řešení celého regionu
- ve srozumitelném vymezení hranic jednotlivých zón
- v možnosti respektování územních hranic obcí a měst
- v možnosti respektování dopravní identity jednotlivých území

Rozdělení trasy do zón

Navržené tarifní zóny naší trasy vycházejí z principů popsaných v předchozí kapitole, tzn. z ceny, která je stanovena jako základní cena jednotlivého občanského jízdného v jedné zóně. Pro tarifní zóny na trase byla stanovena základní cena na 8,- Kč, která je v souladu s velikostí navržených zón a od které se dále odvíjejí ostatní ceny jízdních dokladů. Návrh tarifních zón je zobrazen na obrázku č. 10.



Obr. č. 10: Návrh tarifních zón

Návrh ceníku a způsobu odbavování

Podkladem pro stanovení tarifu je Výměr Ministerstva financí č. 01/2013, kterým se vydává seznam zboží s regulovanými cenami. Při stanovení tarifu se dále vycházelo ze zkušeností již zavedených v jiných okresech, např. Kutná Hora a Kolín ve Středočeském

kraji. Výše jízdného tarifu byla stanovena s ohledem na schopnost konkurovat individuální automobilové dopravě, a to v ceně 8,- Kč, resp. 10,- Kč za první tarifní zónu, 16,- Kč za druhou a 24,- Kč za třetí. Nižší cena je stanovena pro držitele měsíčních jízdenek. Ceník jízdného je navržen jako jednotný pro celou trasu. Z praktických důvodů se doporučuje použít jako základ měsíční jízdenku.

Jízdné je stanoveno tak, aby podporovalo pravidelné cestující, to znamená, že cenové zvýhodnění je minimálně s 25% slevou na předplatné jízdenec.

Ceník jízdného je navržen pro tři zóny a je možné jej aplikovat postupně na všechny systémy veřejné osobní dopravy, které zajišťují dopravní obslužnost v okrese Vsetín.

Při návrhu struktury tarifu a výše cen jízdného je nutno respektovat jak možnost konkurence individuální dopravy, tak i v nezbytné míře hledisko sociální a politické. Oba tyto faktory vedou nutně k názoru dotovat veřejnou dopravu. Výše dotací pak musí být stanovena s ohledem na množství financí do systému vkládaných ze zdrojů samospráv i státní správy.

V následujícím přehledu jsou uvedeny ceny jednotlivých druhů jízdních dokladů. Jízdné je uvedeno vč. 15% DPH a časová platnost jízdenek je popsána v následující tabulce:

Tab. č. 11: Jízdné

zóna	jízdné za:		
	jednu jízdu	měsíc	
	obyčejné	měsíční jízdenka	označení
1	10	300	m _{z1}
2	16	480	m _{z2}
3	24	720	m _{z3}

Ceny jsou uvedeny v Kč.

Pozn.: U měsíčníku je pro potřeby výpočtu bráno 30 jízd za měsíc. Ostatní druhy časových dokladů se nevydávají

Základní druhy jízdného:

Obyčejné jízdné je cena za přepravu cestujícího sjednaná s dopravcem v souladu s Výměrem MFČR 1/2013, kterým se vydává seznam zboží s regulovanými cenami. Veškeré jízdné je popsáno v příloze č. 6 nazvané Ceny a určené podmínky ve veřejné vnitrostátní silniční linkové osobní autobusové dopravě.

Dopravci provozující veřejnou vnitrostátní silniční linkovou osobní dopravu i výdej jízdenek jsou podle § 13 odst. 2 zákona č. 526/1990 Sb., o cenách povinni zpřístupnit na viditelném místě informaci o ceně včetně určených podmínek formou ceníku, vývěsky nebo jiným přiměřeným způsobem.

Zlevněné jízdné je cena za přepravu cestujícího, který má nárok na slevu.

Za zlevněné jízdné, maximálně za 25 % plného (obyčejného) jízdného uplatněného dopravcem se přepravují:

- držitelé karty sociálních systémů, která slouží jako průkaz ZTP nebo ZTP/P

Za zlevněné jízdné ve výši 50% obyčejného jízdného uplatněného dopravcem se přepravují:

- děti od 6 let až do dovršení 15. roku
- rodiče k návštěvě dětí zdravotně postižených, umístěných v ústavech

Za zlevněné jízdné ve výši 75% obyčejného jízdného se přepravují:

- lidé vlastníci měsíční jízdenku a žáci/studenti denního/prezenčního studia v období školního roku od 1.9. do 30.6. ve věku 15 – 26 let. Žákovské jízdné je nutno doložit průkazem.

Pozn: Důchodci již platí plnou cenu jízdného.

Bezplatně se přepravují:

- děti do 6 let (cestující s platnou jízdenkou má nárok na bezplatnou přepravu jednoho dítěte do 6 let)
- představitelé státní moci a některých státních orgánů a soudci, o nichž tak stanoví zvláštní předpis (poslanci a senátoři Parlamentu ČR, ústavní soudce)
- průvodce držitele průkazu ZTP/P nebo vodící pes
- dítě v kočárku, včetně kočárku.

Pozn: Přeruší-li cestující jízdu, stává se jízdenka neplatnou.

Zavazadla – dovozní

1. Cestující má právo vzít s sebou do vozidla bezplatně:

- snadno přenosné věci, které lze umístit ve vozidle na místo pod sedadlem nebo nad sedadlem cestujícího nebo podle potřeby držet na klíně
- zavazadla do rozměru 20 x 30 x 50 cm
- zavazadla tyčovitého tvaru do délky 150 cm a do průměru 10 cm
- zavazadla tvaru desky do rozměru 80 x 100 cm a jejichž hmotnost nepřesahuje 25 kg
- nákupní tašky na kolečkách
- vozíky pro invalidy nebo tašky na kolečkách, patřící držiteli průkazů ZTP a ZTP/P

2. Cestující, který přepravuje zavazadla přesahující výše uvedené rozměry, jejichž přeprava je povolena Převavním řádem pro veřejnou drážní a osobní dopravu a Smluvními přepravními podmínkami, zaplatí stanovené přepravné.

Odbavování cestujících – přepravní podmínky

- Cestující je povinen po nastoupení do autobusu bezodkladně uhradit řidiči jízdné, případně předložit doklad, který jej opravňuje k bezplatné přepravě. Cestujícímu je vždy vydána jízdenka (i s cenou 0,- Kč).
- Dlouhodobá časová jízdenka občanská s platností 30 Předprodejní místa jsou zveřejněna jednotlivými dopravci, případně v rámci informačních materiálů. Časová jízdenka je nepřenosná, respektive smí ji používat pouze její držitel.
- Cestující musejí mít u sebe jízdenku po celou dobu přepravy, a to i v okamžiku vystupování z vozidla. Na vyzvání oprávněného pracovníka kdykoliv během přepravy, nebo v okamžiku vystoupení z vozidla, je cestující povinen předložit ke kontrole jízdenku a příslušný doklad, kterým prokáže nárok na bezplatnou přepravu.
- Náhrada za nevyužití „časové jízdenky“ se neposkytuje.
- Platnost "časové jízdenky" je stanovena na konkrétní období a zóny, počet jízd na časové jízdenky během platného období není omezen.

Výdej časové žakovské jízdenky je upraven takto:

- Jízdenka je nepřenositelná a může ji používat pouze držitel karty.
- Nárok na jízdenku mají žáci základních a středních škol podle zákona č. 29/84 Sb. a studenti vysokých škol podle zák. č. 111/98 Sb. a zák. č. 117/95 Sb.
- Nárok na jízdenku nemají studující při zaměstnání.
- Jízdenku může žadatel, který splňuje výše uvedené podmínky, obdržet bez ohledu na místo bydliště nebo místo školy, kterou navštěvuje.

Součástí měsíčního vyhodnocení na linkách by měla být:

- Skladba vydaných druhů jízdních dokladů na každé lince.
- Počet cestujících na jednotlivých linkách s časovými jízdenkami a s přehledem užití v jednotlivých zónách.
- Celkový počet cestujících na linkách.
- Celkový počet cestujících v celém systému.

Vzhledem ke stávajícímu systému odbavování cestujících by v budoucnu bylo dobré zvážit používání čipových karet.

Čipová karta

Je plastová karta kapesní velikosti s integrovaným obvodem (čipem), který je schopen zpracovávat data. v našem případě jsou to například informace o zbývajícím kreditu jízdenky. Používání těchto karet má hned několik výhod:

- sleva na jízdném
- není potřeba se zdržovat placením
- zvyšuje povědomí dopravce o výchozích a cílových stanicích cestujících

Nižší cena jízdného je stanovena pro pravidelné cestující platící touto kartou elektronicky, ale i pro cestující používající tuto kartu pro jednotlivé jízdné. Cenové zvýhodnění na předplatních kupóněch je potom minimálně 25%.

Odbavování cestujících – přepravní podmínky

- Cestující platící čipovou kartou jednotlivé jízdné nejprve oznámí cílovou zastávku (popřípadě cílovou zónu), řidič navolí příslušné údaje na odbavovacím zařízení a poté cestující přiloží kartu ke čtecímu zařízení. Právě díky tomuto postupu má dopravce povědomí o intenzitách na jednotlivých relacích. Z čipové karty bude zákazníkovi odečtena cena jízdného a zároveň mu bude vydána jízdenka, na které bude vyznačen i zůstatek na kartě.
- Dlouhodobá časová jízdenka občanská s platností 30 dní – je vydávána pouze na čipových kartách dopravce, které se na předprodejních místech nahrávají na dobu platnosti a počet zón. Nahrát lze libovolně na sebe navazující zóny na předprodejních místech. Již nahranou zónovou kombinaci časové jízdenky je možné znovu dále zakupovat u řidiče. Předprodejní místa jsou zveřejněna jednotlivými dopravci. Časová jízdenka je nepřenosná a smí ji používat pouze držitel čipové karty.
- Cestující s čipovou kartou a platnou "časovou jízdenkou" přiloží svou kartu vždy ke čtecímu zařízení a je mu vytisknuta kontrolní jízdenka.
- Platnost "časové jízdenky" je stanovena na období a zóny nahrané v čipové kartě, počet jízd na časové jízdenky během platného období není omezen.

6. Ekonomické vyhodnocení

Nyní se dostáváme k závěrečné fázi nutné při řešení otázky rentability neboli neprodělečnosti dopravy, ať už při změně stávajících linek nebo při vzniku zcela nových.

K vyřešení tohoto posledního kroku ještě potřebujeme znát celkové tržby za dané časové období. Potom už zbývá jenom krůček k zjištění, kolik budeme potřebovat ve formě dotací pro uskutečnění provozu dopravy.

6.1 Tržby

Při počítání tržeb budeme pracovat s údaji o počtu cestujících v jednotlivých zónách i s rozdělením na dospělé a studenty. Nejprve přepíšeme údaje například o studentech a vypíšeme je do zcela nové tabulky č 12.

Studenti

Tab. č. 12: Intenzity studentů

	Rož	Zub	Stří	Zaš	Val	Bys	Jab	Vse	Nov	Fre	DB	PB	HB	Hut	Vig
Rožnov		3	0	1	203	0	0	62	12						
Zubří	91		0	1	125	0	0	24	0	0	1	0	0	0	0
Střítež	17	0		52	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zašová	38	3	0		69	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
Valašské	129	1	0	6						23	0	0	0	0	0
Bystřička	3	0	0	0						0	0	0	0	0	0
Jablůnka	4	0	0	0						0	0	0	0	0	0
Vsetín	59	0	0	0											
Nový Jičín	16	0	0	0							0	0	0	0	0
Frenštát		0	0	0	24	0	0								
D. Bečva		0	0	0	32	0	0		0						
P. Bečva		0	0	0	26	0	0		0						
H. Bečva		0	0	0	30	0	0		0						
Hutisko		0	0	0	34	0	0		0						
Vigantice		0	0	0	8	0	0		0						

Barevné rozlišení nám ohraničuje intenzity spadající do jednotlivých zón, viz níže.

Pomocí již několikrát zmiňované funkce SUMA opět sečteme počty lidí v jednotlivých zónách a ty vepíšeme v Excelu do okénka někde pod tabulku. Čísla a značení:

fialová: zóna 1 – $z_{s1} = 56$ studentů

béžová: zóna 2 – $z_{s2} = 415$ studentů

zelená: zóna 3 – $z_{s3} = 663$ studentů

Nyní musíme určit kolik měsíců ve skutečnosti studenti dojíždějí do škol. Jako bernou minci bereme fakt, že děti jezdí do školy deset měsíců v roce. Proto budeme počet lidí v jednotlivých zónách násobit deseti. Potom:

$$m_s = 10 \text{ měs.}$$

tržby za rok

$$t_{s1} = z_{s1} \cdot m_s \cdot m_{z1} = 56 \cdot 10 \cdot 300 = 167\,400,- \text{ Kč}$$

$$t_{s2} = z_{s2} \cdot m_s \cdot m_{z2} = 415 \cdot 10 \cdot 480 = 1\,991\,520,- \text{ Kč}$$

$$t_{s3} = z_{s3} \cdot m_s \cdot m_{z3} = 663 \cdot 10 \cdot 720 = 4\,775\,760,- \text{ Kč}$$

celkem tržby za rok

$$t_{sce} = t_{s1} + t_{s2} + t_{s3} = 167\,400 + 1\,991\,520 + 4\,775\,760 = 6\,934\,680,- \text{ Kč}$$

Pracující

Ted' musíme získat denní intenzity pracujících. K tomu nám bude stačit vypočítat rozdíl hodnot tabulky celkových intenzit (tabulka č. 1) a tabulky pro studenty (tabulka č. 12) a tyto výsledky vepíšeme do nové tabulky č. 13.

Tab. č. 13: Intenzity pracujících

	Rož	Zub	Stří	Zaš	Val	Bys	Jab	Vse	Nov	Fre	D.B.	P.B.	H.B.	Hut	Vig
Rožnov		63	0	28	207	0	0	27	12						
Zubří	373		0	30	109	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0
Střítež	41	9		16	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zašová	100	24	0		133	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Valašské	225	58	0	53						6	0	0	0	0	0
Bystřička	6	0	0	0						0	0	0	0	0	0
Jablůnka	6	0	0	0						0	0	0	0	0	0
Vsetín	20	4	0	0											
Nový Jičín	7	0	0	0							0	0	0	0	0
Frenštát		0	0	0	16	0	0								
D. Bečva		0	0	0	15	0	0		0						
P. Bečva		4	0	0	8	0	0		0						
H. Bečva		0	0	0	21	0	0		0						
Hutisko		5	0	0	20	0	0		0						
Vigantice		0	0	0	9	0	0		0						

Postup i značení zůstává stejný. U dospělých počítáme, že budou v práci zhruba jedenáct měsíců. V tom je započtena i dovolená, absence z důvodu onemocnění atp. Potom:

$$m_p = 11 \text{ měs.}$$

fialová: zóna 1 – $z_{p1} = 79$ studentů

běžová: zóna 2 – $z_{p2} = 1020$ studentů

zelená: zóna 3 – $z_{p3} = 605$ studentů

tržby za rok

$$t_{p1} = z_{p1} \cdot m_p \cdot m_{z1} = 79 \cdot 11 \cdot 300 = 260\,370,- \text{ Kč}$$

$$t_{p2} = z_{p2} \cdot m_p \cdot m_{z2} = 1020 \cdot 11 \cdot 480 = 5\,385\,600,- \text{ Kč}$$

$$t_{p3} = z_{p3} \cdot m_p \cdot m_{z3} = 605 \cdot 11 \cdot 720 = 4\,793\,184,- \text{ Kč}$$

celkem tržby za rok

$$t_{pce} = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} = 260\,370 + 5\,385\,600 + 4\,793\,184 = 10\,439\,154,- \text{ Kč}$$

Celkové tržby všech cestujících

pracovní dny

$$t_{prce} = t_{sce} \cdot t_{pce} = 6\,934\,680 + 10\,439\,154 = 17\,373\,834,- \text{ Kč}$$

víkend

Koeficient přepočtu intenzit cestujících z pracovních dnů na víkendové intenzity.

$$k_1 = 0,25$$

$$t_{vce} = t_{prce} : pr \cdot k_1 \cdot (so + ne)$$

$$t_{vce} = 17\,373\,834 : 253 \cdot 0,25 \cdot (49 + 63) = 1\,922\,796,- \text{ Kč}$$

všechny dny

$$t_{cece} = t_{prce} + t_{vce} = 17\,373\,834 + 1\,922\,796 = 19\,296\,630,- \text{ Kč}$$

Částku, kterou nyní máme, obsahuje i daň z přidané hodnoty, která je známa pod zkratkou DPH a ta je v současné době 15 %. Tudíž musíme odpovídající sumu odečíst.

Máme tedy 115 % (p_{115}) a chceme získat 100% (p_{100}) čili tržby po zdanění.

tržby bez DPH

$$t_{bdph} = t_{cece} : p_{115} \cdot p_{100} = 19\,296\,630 : 115 \cdot 100 = 16\,779\,678,- \text{ Kč}$$

6.2 Finanční ztráta

Konečně se dostáváme k poslednímu a zásadnímu kroku, což je výpočet celkových finančních ztrát. Je naprosto běžné, že provozování veřejné dopravy je ztrátové. Bez podpory státu nebo měst by veřejná doprava nebyla finančně možná. Z tohoto důvodu funguje systém dotací. Ty jsou poskytovány krajem nebo státem. Existuje mnoho oborů, odvětví průmyslu, služeb, na které jsou tyto dotace poskytovány a doprava je jedna z nich. V následujícím vzorci je zřejmé, jak jednoduché je zjistit celkovou ztrátu pokud známe celkové tržby a celkové výdaje.

Celková finanční ztráta

$$z_{ce} = n_{cc} - t_{bdph} = 22\,302\,306 - 16\,779\,678 = 5\,522\,628,- \text{ Kč}$$

Pro přehlednost se údaj o tržbách a dotacích přepočítává na procenta:

$$p_{tr} = t_{bdph} : n_{cc} \cdot 100 = 16\,779\,678 : 22\,302\,306 \cdot 100 = 75,23 \%$$

$$p_{ztr} = z_{ce} : n_{cc} \cdot 100 = 5\,522\,628 : 22\,302\,306 \cdot 100 = 24,76 \%$$

Poměr tržeb a ztráty

Poměr mezi tržbami a ztrátou záleží na mnoha faktorech, např. charakteristice dopravní sítě, hustotě obyvatelstva a jeho sociální úrovni, zvoleném tarifu, blízkosti většího města a dalších skutečnostech. U veřejné dopravy v České republice je poměr tržeb ku ztrátám běžně okolo 50 : 50, při ojedinělých podmínkách až 70 : 30. V našem případě vyšly ztráty na pouhých zhruba 25 %, což je velice příznivý výsledek. To si lze vysvětlit několika důvody, například značnou provázaností měst. V jednom městě lidé žijí, do druhého jezdí do práce. To podporuje i relativně malá vzdálenost mezi městy. Dalším důvodem by mohlo být vhodné zvolení počtu spojů a také vhodně zvolená cenová politika, která často ovlivní celkové výnosy. Nicméně zatím je to pouze výpočet a teprve v budoucnu v praxi se ověří nebo vyvrátí výsledek výpočtů této práce.

7. Závěr

Na začátku této práce bylo cílem vyřešit a popsat konkrétní problém v oboru dopravy, nejlépe z reálné praxe. Nakonec jsem si vybral téma: Řešení veřejné dopravy mezi Valašským Meziříčím a Rožnovem pod Radhoštěm. Toto zadání splňovalo moje představy zmíněné výše.

Postupně jsem se detailně seznámil s problematikou veřejné dopravy na trase Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm. Mezi mé první kroky patřilo obstarání materiálů Českého statistického úřadu s intenzitami cestujících na zkoumané trase. Poté jsem prováděl různé výpočty, řešil problémy spojené s přípravou této práce spojených, až jsem po mnoha týdnech usilovné práce úspěšně došel k výše popsaným výsledkům. Způsob řešení, ani zvolený počet spojů není jediný možný, záleží i na přístupu řešitele. Některé prvky řešení se daly provést i jiným způsobem, a proto je možné o výsledcích dále diskutovat. Celkové náklady činí 22 302 306,- Kč. Tržby tvoří 75, 23 % nákladů, což je 16 779 678,- Kč. Celková finanční ztráta tedy činí 5 522 628,- Kč. Ekonomické výsledky, respektive výše této ztráty, vyšla překvapivě příznivě. Až v praxi se ukáže skutečná částka nutná k dotování této dopravy.

Při psaní této práce jsem se dozvěděl mnoho nových informací o problematice veřejné silniční dopravy, tvorbě jízdních řádů a osvojil jsem si i postupy nutné pro výpočet jízdného a řešení tarifů. Diplomová práce může posloužit jako materiál pro dopravce, krajského koordinátora nebo objednatele dopravy.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Janu Šircovi za soustavnou konzultační činnost, vedení a za přínosné diskuse na téma mé práce. Dalším důležitým zdrojem informací byl pan Ing. Vladimír Návrat také z firmy UDI MORAVA, s.r.o. Oběma tímto děkuji za ochotu a poskytnutí cenných a obsáhlých informací a dokumentů z oblasti řešení veřejné hromadné dopravy. Veškeré tyto informace rozšířili moje znalosti o této problematice.

Seznam použité literatury

1. Český statistický úřad. Dokument: „Dojíždka do zaměstnání a škol“
2. ČSAD Vsetín a.s. - Informace o autobusových linkách
3. DANĚK, J. and D. TEICHMANN., 2005. *Optimalizace dopravních procesů*. OSTRAVA: VŠB-TU OSTRAVA. ISBN 80-248-0996-6.
4. CHAPS SPOL. S R. O., Ministerstvo dopravy ČR. *Celostátní informační systém o jízdních řádech* [online]. [cit. 2013-05-20].
5. Koordinátor veřejné dopravy Zlínského kraje, s.r.o. - Dokumentace k dopravě na trase Valašské Meziříčí – Rožnov pod Radhoštěm
6. SUROVEC, P., 2000. *Provoz a ekonomika silniční dopravy I*. Ostrava: ES VŠB – TU Ostrava. ISBN 80-7078-735.
7. UDI MORAVA, s.r.o. - Firemní dokumentace a konzultace
8. Vyhláška Ministerstva dopravy č.388/2000 Sb. o jízdních řádech veřejné linkové osobní dopravy
9. Výměr Ministerstva financí č. 01/2013, kterým se vydává seznam zboží s regulovanými cenami
10. *Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 1995 [cit. 2013-05-20].

Seznam příloh

Příloha A: Intenzity cestujících – vstupní data

Příloha B: Původní jízdní řád – vlaky: Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm

Příloha C: Nový jízdní řád – vlaky: Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm

Příloha D: Původní jízdní řád – autobusy: Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm

Příloha E: Původní jízdní řád – autobusy: Rožnov pod Radhoštěm - Valašské Meziříčí

Příloha F: Nový jízdní řád – autobusy: Valašské Meziříčí - Rožnov pod Radhoštěm

Příloha G: Nový jízdní řád – autobusy: Rožnov pod Radhoštěm - Valašské Meziříčí